



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA**  
**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Assessoradu de sos traballos pùblicos

Assessorato dei lavori pubblici

**Ente acque della Sardegna**

**FSC 2014-2020 - Linea d'Azione 1.6.1**

**Interventi per la produzione di energia da fonti rinnovabili**

*Realizzazione minicentrali idroelettriche nel Sistema Idrico Multisetoriale Regionale*

**Potenziamento della producibilità ed efficientamento della  
minicentrale idroelettrica di Simbirizzi**



**STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA**

**DOCUMENTAZIONE STATO DI FATTO**

Verbal di prove funzionali e collaudo delle centrali idroelettriche

Allegato:

**B.5**

*Redatto dai Servizi Progetti e Costruzioni*  
*Settore Studi*

**Coordinatore e Responsabile dello Studio:** Ing. Dina Cadoni

**Redazione dello studio:** Ing. Roberto Cabras  
Ing. Tonino Mulas (collaboratore esterno)

**Elaborazioni grafiche:** Geom. Pierpaolo Corona

**Il Responsabile Unico del Procedimento**  
Ing. Dina Cadoni

**Il Coordinatore del Settore Studi**  
Ing. Dina Cadoni

**Il Direttore del Servizio  
Progetti e Costruzioni**  
Ing. Antonio Cucca

**Il Direttore Generale**  
Ing. Franco Ollargiu

**Settembre 2018**

# Ente Acque della Sardegna

## INDICE

INDICE.....	i
VERBALE DELL EPROVE ELETTROMECCANICHE ESEGUITE IN DATA 16.05.2007 .....	1
VERBALE DELL EPROVE ESEGUITE IN DATA 03 E 04 APRILE 2008 .....	64
VERBALE DI PROVE DI FUNZIONAMENTO E CONSEGNA PROVVISORIA DELLE OPERE DELL'ENAS 05 E 06 GIUGNO 2008 .....	151

**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI SAN LORENZO (CA)**

**VERBALE DELLE PROVE ELETTROMECCANICHE ESEGUITE IN DATA 16.05.2007**

In data 16/05/2007, alle ore 18:30 circa, presso l'impianto di S. Lorenzo, sono state eseguite le prove di collaudo sull'impianto oleodinamico di comando.

Tali prove hanno riguardato le seguenti operazioni:

- verifica della potenza max sviluppabile dalla centralina, pari a 175 bar circa;
- verifica delle tubazioni della centralina alla pressione massima, con esito positivo (trafilamenti assenti);
- verifica delle tubazioni dell'impianto e dei servomotori alla pressione di collaudo di 160 bar (con le eccezioni delle linee della valvola di scarico sinrono, non movimentabile, e della linea del by-pass di valvola macchina, il cui servomotore non sopporta pressioni superiori agli 8 bar), con esito positivo (trafilamenti assenti).

Null'altra potendosi eseguire, alle ore 19:40 si è concluso l'intervento.

Cagliari, 16 maggio 2007

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



*Stefano Calvo*

# **CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F. CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

**Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel**

## **MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

### **MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI SIMBIRIZZI (CA)**

#### **VERBALE DELLE PROVE ELETTROMECCANICHE ESEGUITE IN DATA 30.05.2007**

Il giorno 30/05/2007, presso il cantiere di Simbirizzi, a partire dalle ore 15:00, si sono svolte le procedure di avviamento della centrale, alla presenza di:

- ing. Vicentini, in rappresentanza dell'impresa;
- ing. Calvo, Direttore Operativo di Cantiere per le installazioni elettromeccaniche;
- ing. Villa, collaboratore Direttore Operativo.

Le procedure di avviamento hanno sostanzialmente riguardato:

- la verifica della velocità di chiusura non controllata del distributore (100 sec. circa), operazione svolta tra le ore 15:20 e le 16:00 circa;
- il controllo delle condizioni del gruppo, in particolare della tenuta integrativa a baderna, con un primo avviamento della macchina a vuoto fino al 70% della velocità nominale, operazione avvenuta tra le ore 16:50 e le 17:03 circa;
- la messa in parallelo del gruppo, regolante in automatico, operazione avvenuta alle ore 17:20 circa (dopo un primo parallelo di controllo alle ore 17:05).

In particolare, durante l'esercizio in parallelo, si è provveduto a constatare la funzionalità della regolazione automatica del gruppo in base al set-point di livello nella vasca di restituzione; a tal fine, si sono provati diversi set-point di livello per controllare il raggiungimento ed il mantenimento del valore impostato.

Si segnala che a causa del perdurante problema relativo al sottodimensionamento dei contrappesi delle valvole di macchina e di scarico sincrono, l'esercizio della centrale si è svolto mantenendo sempre aperta la valvola di scarico sincrono.

Le condizioni di riferimento a impianto fermo sono risultate le seguenti:

- Portata: intorno ai 1,2 m<sup>3</sup>/s
- Pressione all'arrivo dell'acquedotto: 6,25 bar circa
- Pressione alla valvola di macchina: 5,4 bar
- Livello all'interno della vasca di restituzione: 70% circa

Dopo un primo breve funzionamento al minimo tecnico (con un'apertura del distributore pari al 19%), alle ore 17:25 circa è stata effettuata una prima prova con un set-point pari al 78%, valore raggiunto in 3 minuti e mantenuto in maniera stabile dopo 7 minuti dal comando. Il valore del livello si è mantenuto pressochè costante (oscillazioni comprese entro  $\pm 1\%$ ) per 15 minuti circa (cioè fino alle ore 17:46 circa). La potenza prodotta è risultata intorno ai 400 kW.



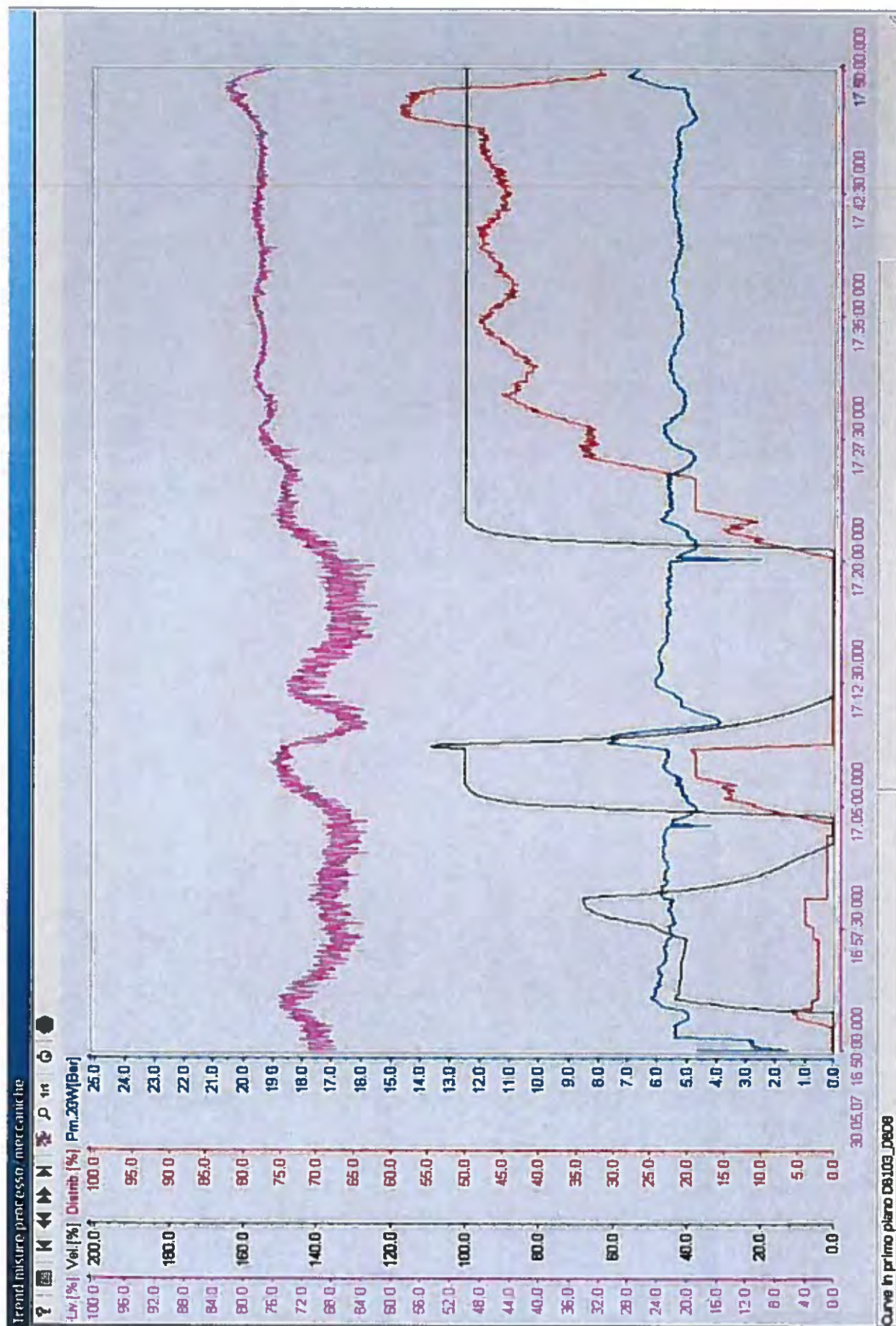


fig. 1: misure grandezze idromeccaniche

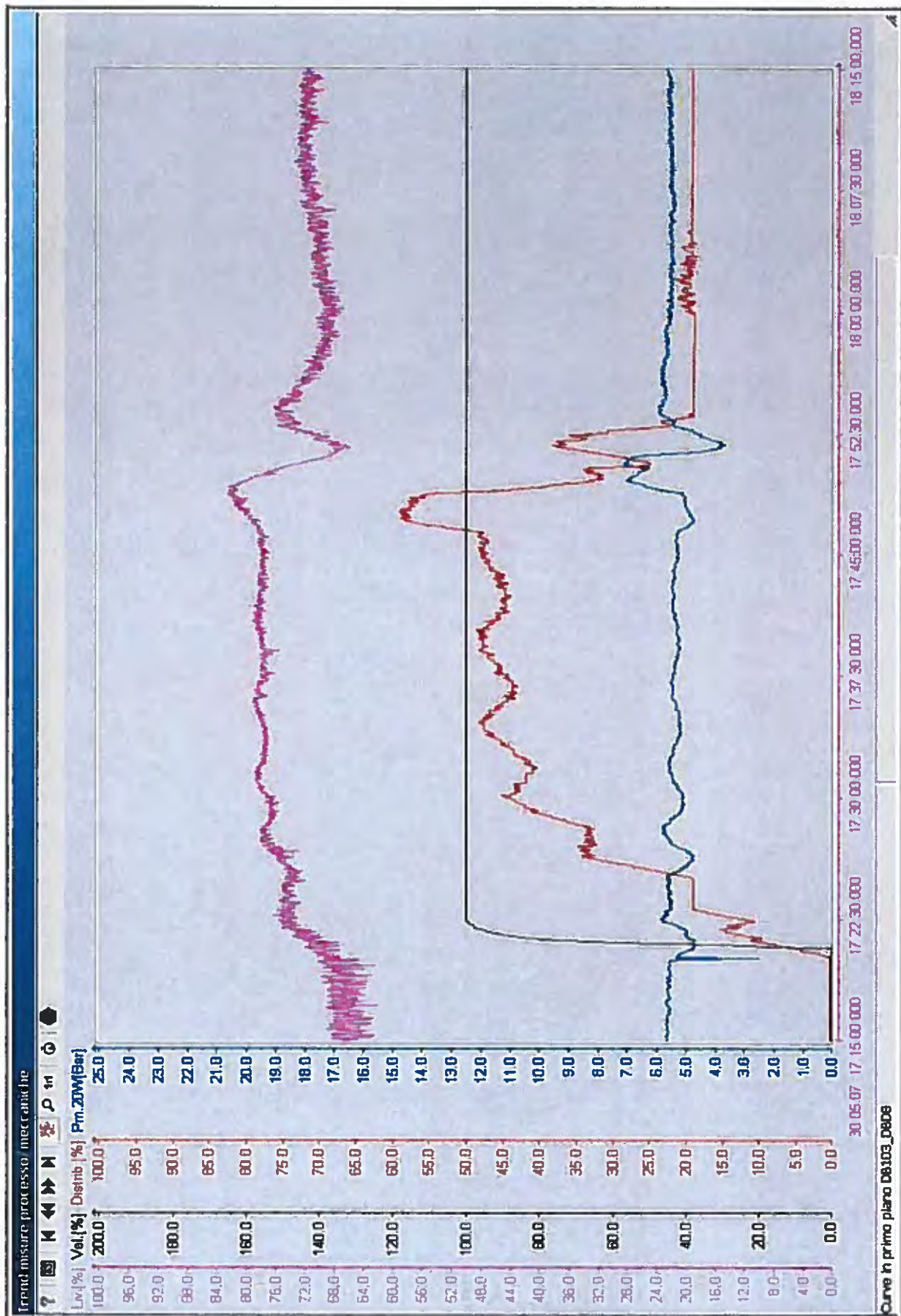


fig. 2: misure grandezze idromeccaniche



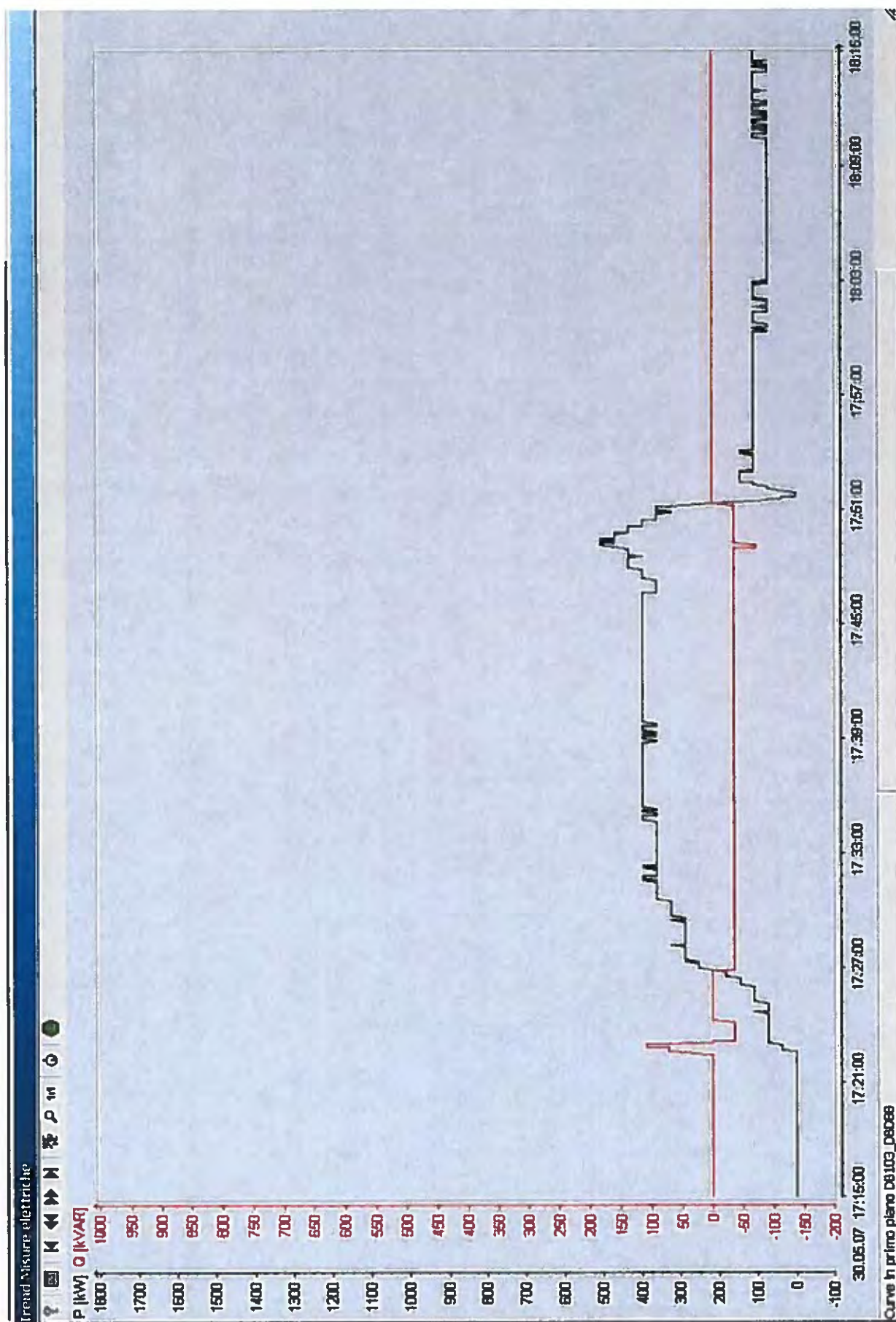


fig. 3: misure grandezze elettriche

# **CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F. CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

**Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel**

## **MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

### **MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI SAN LORENZO (CA)**

#### **VERBALE DELLE PROVE ELETTROMECCANICHE ESEGUITE IN DATA 06.06.2007**

Il giorno 06 Giugno 2007 si sono svolte presso le Officine Elettromeccaniche Sarde alcune prove relative all'alternatore di S. Lorenzo, sottoposto all'allagamento della centrale avvenuto in data 19 Maggio.

#### **Presenti**

- per la D.L.: ing. Calvo (IDIT)
- per l'appaltatore: ing. Vicentini (ZILIO)

Le operazioni di ripristino dell'alternatore effettuate presso le OES hanno riguardato essenzialmente:

- lo smontaggio dell'alternatore, la sua pulizia e l'asportazione dell'umidità mediante essiccazione in forno, sia del rotore che dello statore;
- lo smontaggio e la pulizia dei cuscinetti;
- la verifica della strumentazione.

Le prove effettuate hanno riguardato essenzialmente la misura della resistenza degli avvolgimenti, con lo scopo di verificare l'avvenuto ripristino delle condizioni di fabbrica o, in caso contrario, la necessità di ulteriori cicli di essiccazione in forno.

Sono state condotte le seguenti prove:

- misura della resistenza di isolamento degli avvolgimenti di statore;
- misura della resistenza di isolamento dell'avvolgimento di rotore;
- misura della resistenza di isolamento dell'avvolgimento dell'eccitatrice;
- misura della resistenza di isolamento dell'avvolgimento della ruota polare dell'eccitatrice;
- misura della resistenza di isolamento dell'avvolgimento della scaldiglia;
- funzionalità dei diodi del ponte raddrizzatore;
- funzionalità degli scaricatori.

Le misure di resistenza di isolamento sono state effettuate a 1000Vcc ad una temperatura pari a 23°C; si riportano di seguito i valori rilevati a raffronto con i valori dichiarati dal costruttore (rilevati sempre a 1000 Vcc)

**Statore**

U-V	24,9 GΩ
U-W	22,7 GΩ
V-W	26,6 GΩ
fasi-massa	5,89 GΩ
dichiarati	> 200 MΩ

Rotore	2,2 GΩ
dichiarati	> 200 MΩ

Eccitatrice	170 MΩ
dichiarati	> 200 MΩ

Ruota polare	117 GΩ
dichiarati	> 200 MΩ

Scaldiglia	> 1000 GΩ (@500Vcc)
dichiarati	> 200 MΩ (@1000Vcc)

L'unico valore che risulta leggermente inferiore ai dati dichiarati dal costruttore è quello relativo all'avvolgimento dell'eccitatrice; peraltro, il valore ottenuto classifica l'isolamento come in discrete condizioni.

Cagliari, 6 giugno 2007

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



A handwritten signature in blue ink, which appears to be "Stefano Calvo".

**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI SAN LORENZO (CA)**

**VERBALE DELLE PROVE ELETTROMECCANICHE ESEGUITE IN DATA 07.06.2007**

Il giorno 07 Giugno 2007 si è svolto un sopralluogo presso le officine della IDROP (Cagliari) per constatare lo stato di avanzamento delle riparazioni delle centraline oleodinamiche della centrale di S. Lorenzo, sottoposte all'allagamento avvenuto in data 19 Maggio.

Presenti

- per la D.L.: ing. Calvo (IDIT)
- per la ditta: geom. Del Sordo (IDROP)

Si è constatato che la manutenzione della centralina di comando è già stata completata, mentre la centralina lubrificanti risulta ancora in fase di revisione.

Risultano sostituiti per entrambe le centraline i cuscinetti di tutti i motori, con ricambi originali e tutti i filtri.

Relativamente alla centralina di comando, inoltre, la ditta riferisce di aver provveduto alla pulizia delle sedi delle elettrovalvole ed al flussaggio di tutti i circuiti, nonché alla verifica di tutta la strumentazione.

Cagliari, 7 giugno 2007

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALE IDROELETTRICA DI SAN LORENZO (CA)**

**VERBALE DEI CONTROLLI ESEGUITI IN DATA 10-11 OTTOBRE 2007**

I giorni 10 e 11 Ottobre 2007, alla presenza dell'Impresa (ing. Vicentini, sig. Sbalchiero; ing. Genucchi) e della Direzione Lavori (ing. Calvo), presso la centrale di S. Lorenzo, si sono svolti alcuni controlli sulle tenute d'albero e sono state effettuate alcune prove.

La tenuta a baderna fino a quel momento installata provocava delle perdite non compatibili con un corretto funzionamento dell'impianto, e soprattutto un'instabilità dell'entità di tali perdite manifestantesi in occasione di ogni partenza od arresto del gruppo, nonostante le registrazioni di volta in volta effettuate, tanto che l'Impresa preferiva non lasciare la macchina in esercizio senza sorveglianza.

Dopo aver smontato la tenuta, sono stati effettuati alcuni controlli visivi che hanno evidenziato una non corretta installazione della tenuta; l'Impresa ha perciò provveduto a comprare delle nuove baderne e ad installarle correttamente.

In seguito all'installazione, terminata nella serata di Mercoledì 10, la tenuta si presentava ancora con qualche perdita, comunque decisamente inferiore alla situazione precedente, e soprattutto direzionata verso il basso, ove era stato in precedenza predisposto un raccoglitore con tubo di allontanamento.

La situazione appare comunque ancora non del tutto soddisfacente, tenuto anche conto di due aspetti:

- la velocità periferica del manicotto ceramico (precedentemente utilizzato per la tenuta meccanica) è molto prossima al limite di esercizio della baderna, sicchè ad ogni arresto (o stacco di carico) le sovravelocità del gruppo tendono ad essere superiori a quelle dichiarate ammissibili dal fornitore della baderna, con esiti incerti sulla tenuta nel lungo periodo;
- lo spazio per installare correttamente una tenuta a baderna non è sufficiente, dal momento che era stato ottimizzato per la tenuta meccanica precedentemente prevista.

L'Impresa sta perciò studiando la possibilità di installare una nuova tenuta meccanica che darebbe garanzie di tenuta.

Nella giornata di Giovedì 11 sono state effettuate alcune prove di arresto del gruppo.

Dal punto di vista delle sovrappressioni generate, questa manovra risulta più critica rispetto agli stacchi di carico; occorre infatti considerare che:

- la macchina, prima di distaccarsi dalla rete, deve portarsi al minimo tecnico; contemporaneamente, si deve iniziare la manovra di apertura dello scarico sincrono;
- il tempo di apertura dello scarico sincrono non è regolabile ed è stato tarato in relazione al tempo di chiusura del distributore al fine di ottimizzare le sovrapressioni per distacco di carico;
- tale configurazione, come risulta dai grafici allegati, produce dapprima un abbassamento della pressione, dovuto all'apertura dello scarico sincrono; contemporaneamente, si chiude il distributore. Durante tale manovra, più lunga rispetto a quella del sincrono, la pressione risale;
- dopo aver raggiunto il minimo tecnico, viene comandato lo sgancio dal parallelo con l'apertura dell'interruttore di macchina; in questa occasione, il distributore chiude velocemente e si genera un'ulteriore sovrapressione.

Come risulta dai grafici allegati, se la sovrapressione che si genera durante la chiusura del distributore può essere mantenuta entro limiti accettabili, la successiva sovrapressione dovuta al distacco dal parallelo produce un ulteriore picco non accettabile (16,406 bar in occasione della prima prova).

Si sono dunque cercati dei correttivi per ridurre le sovrapressioni.

Per ridurre la sovrapressione generata, teoricamente si potrebbe agire in due modi opposti:

- ridurre il tempo di manovra del distributore onde farlo coincidere, grosso modo, con quello che si verifica per stacco di carico, ovvero
- aumentare il tempo di manovra per contenere il più possibile la sovrapressione.

La prima modalità non è purtroppo praticabile perché, dovendo la macchina rimanere in parallelo, l'eccitatrice non riesce a reagire a importanti variazioni di carico nell'arco di brevissimo tempo (tale caratteristica non è peraltro un difetto dell'eccitatrice, soprattutto nel caso di un'eccitazione di tipo brushless come quella installata, che ha tempi di reazione più lunghi rispetto a quelli di un'eccitazione statica). E' giocoforza, quindi, agire in senso opposto, riducendo il gradiente di velocità di chiusura del distributore.

Così facendo, si è riusciti a limitare la sovrapressione all'arresto, passando da un valore di 16,41 bar circa ad un valore di 13,77 bar (108% del carico statico; portata in transito circa 900 l/s).

Inoltre, su richiesta della DL, è stato inserito un tempo di attesa prima dello sgancio dal parallelo, onde contenere il più possibile la successiva sovrapressione; tale modifica è stata programmata ed inserita nel software da remoto nella serata di Giovedì. E' stato inserito anche un controllo relativo al tempo di permanenza al minimo tecnico, oltre il quale si provvede comunque ad aprire l'interruttore di macchina, onde evitare possibili problemi che potrebbero provocare un'indefinita permanenza al minimo tecnico.

Ulteriori riduzioni della sovrapressione potranno ottenersi con un ulteriore decremento del gradiente di chiusura del distributore e/o del tempo di permanenza al minimo tecnico prima dello sgancio dell'interruttore di macchina, anche se così facendo i tempi di arresto del gruppo si allungheranno.

Ad ulteriore garanzia, si potrebbe verificare la possibilità/opportunità di comandare la chiusura dello scarico sincrono a gradini, in modo da equilibrare i tempi di manovra del sincrono e del distributore senza alterare la regolazione della velocità di chiusura del sincrono (tarata, come anzidetto, in relazione al tempo di chiusura del distributore al fine di ottimizzare le sovrapressioni per stacco): in un arresto controllato questa opzione potrebbe essere disponibile, mentre durante uno stacco, ovviamente, il sincrono reagirebbe esclusivamente in relazione alla velocità impostata.

Una modifica dei tempi di apertura del sincrono, viceversa, rischierebbe di provocare manovre troppo lunghe per parziali aperture del distributore e, soprattutto, causare maggiori sovrapressioni in



occasione di distacchi di carico; è perciò preferibile, per il momento, mantenere l'impostazione attuale, salvo verifiche da effettuarsi per distacchi di carico alla massima potenza.

A parere della scrivente DL, occorrerà procedere ad una valutazione delle sovrappressioni anche in occasione del transito della massima portata; in questo caso, i maggiori valori si potranno ottenere su un impianto in corrispondenza del fermo dell'altro.

Anche al termine delle manovre di avviamento del gruppo (vedi fig. 3), al momento della completa chiusura del sincrono si genera una sovrappressione, comunque contenuta (ed inferiore al 120% del carico statico); anche qui, comunque, si potrà rallentare ulteriormente la chiusura del sincrono onde limitarne in qualche misura l'effetto sulle sovrappressioni.

E' opportuno commentare l'andamento delle pressioni in condotta riscontrato durante queste manovre.

Quando inizia la manovra di calo di potenza fino al minimo tecnico, si apre velocemente la valvola di scarico sincrono. Questa manovra determina il richiamo di una portata più elevata rispetto alla condizione di regime precedente e questo provoca una riduzione della pressione e contemporaneamente un incremento del livello all'interno della vasca di restituzione, che a sua volta provoca una strozzatura da parte del galleggiante che tende a ridurre al portata in afflusso alla vasca dal ramo di by-pass della centrale.

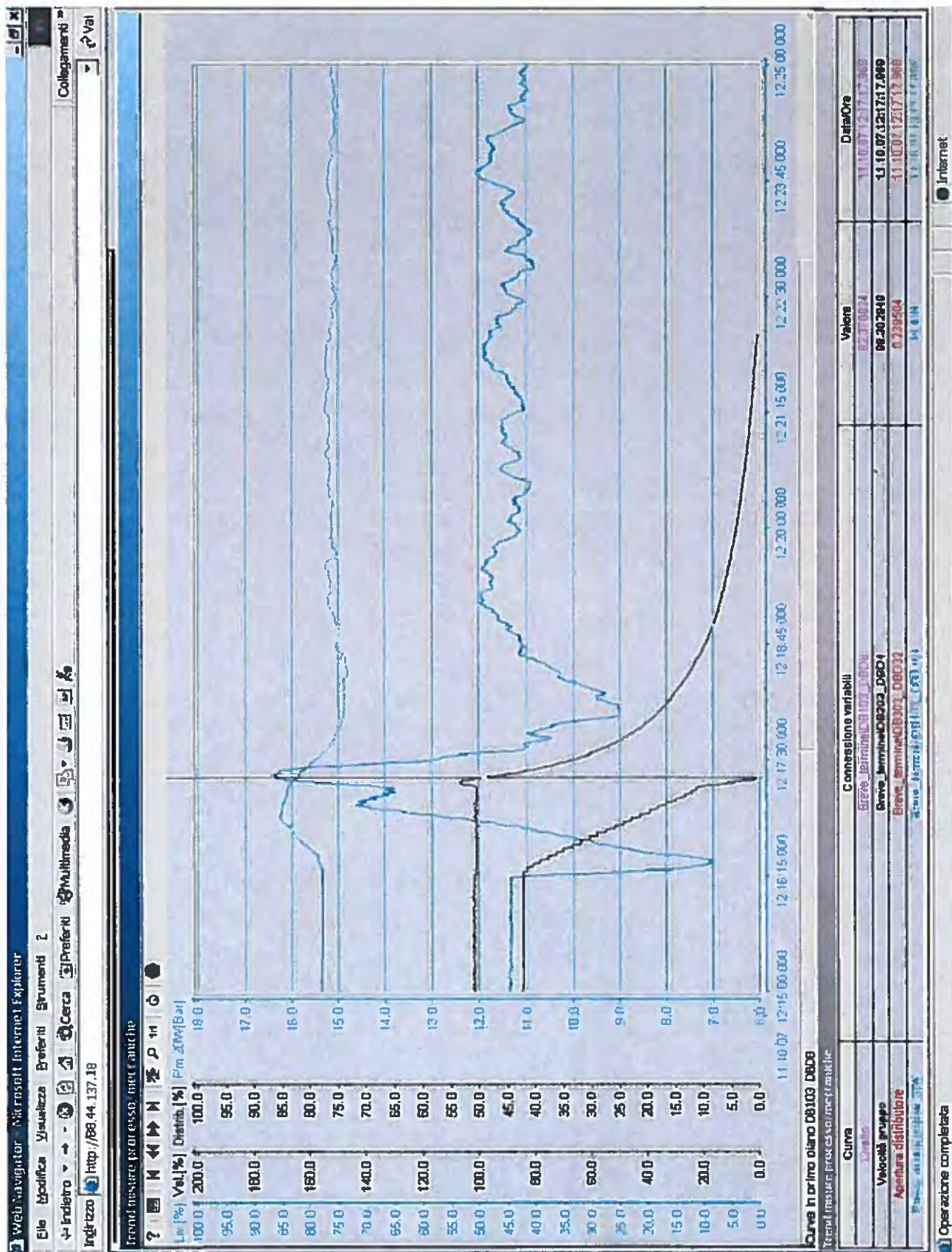
Dal momento che i tempi di reazione del galleggiante non sono istantanei, l'effetto di strozzatura del galleggiante si somma all'effetto di riduzione dell'apertura del distributore, provocando così un aumento di pressione fino a raggiungere la massima sovrappressione registrata.

In realtà, si nota come l'effetto combinato dell'apertura del sincrono e della chiusura del distributore provochi un primo picco di pressione (durante le varie prove ai valori di 14,6, 14,2, 15,0 e 13,7 bar circa), dopodichè, proseguendo la chiusura del distributore, la pressione tende a calare (durante le varie prove ai valori di 13,7, 13,5, 14,0, 12,7 bar circa). Solo successivamente interviene l'effetto di reazione del galleggiante, che provoca un innalzamento della pressione; nelle prime due prove, tale effetto è praticamente concomitante con l'apertura dell'interruttore di macchina e la conseguente chiusura rapida del distributore e provoca i maggiori valori di pressione registrati (16,41 e 16,0 bar). Nelle successive prove, invece, l'aumento del tempo di chiusura del distributore fa sì che il distacco dalla rete sia differito temporalmente rispetto alla strozzatura del galleggiante, strozzatura che provoca un secondo picco di pressione nelle prove 3 e 4 (ai valori rispettivamente di 15,2 e 13,77 bar circa), dopodichè la pressione ridiscende (ai valori rispettivamente di 13,9 e 12,2 bar circa).

Nella prova 4, si nota come, esaurito l'effetto della strozzatura del galleggiante e calato il livello all'interno della vasca, il galleggiante riapra provocando un aumento di portata e facendo così ricalare la pressione fino a 8,5 bar circa, mentre il distributore sta ancora chiudendo per portare la macchina al minimo tecnico; si ha in seguito il distacco della macchina dalla rete (chiusura completa del distributore con picco a 10,5 bar circa) e, solo in seguito, la reazione del galleggiante all'aumentato livello nella vasca che provoca un ulteriore picco a 13,4 bar circa; dopodichè il livello nella vasca comincia a stabilizzarsi con successive manovre (sempre più smorzate) del galleggiante e la pressione tende a riportarsi ai valori di regime con oscillazioni smorzate.

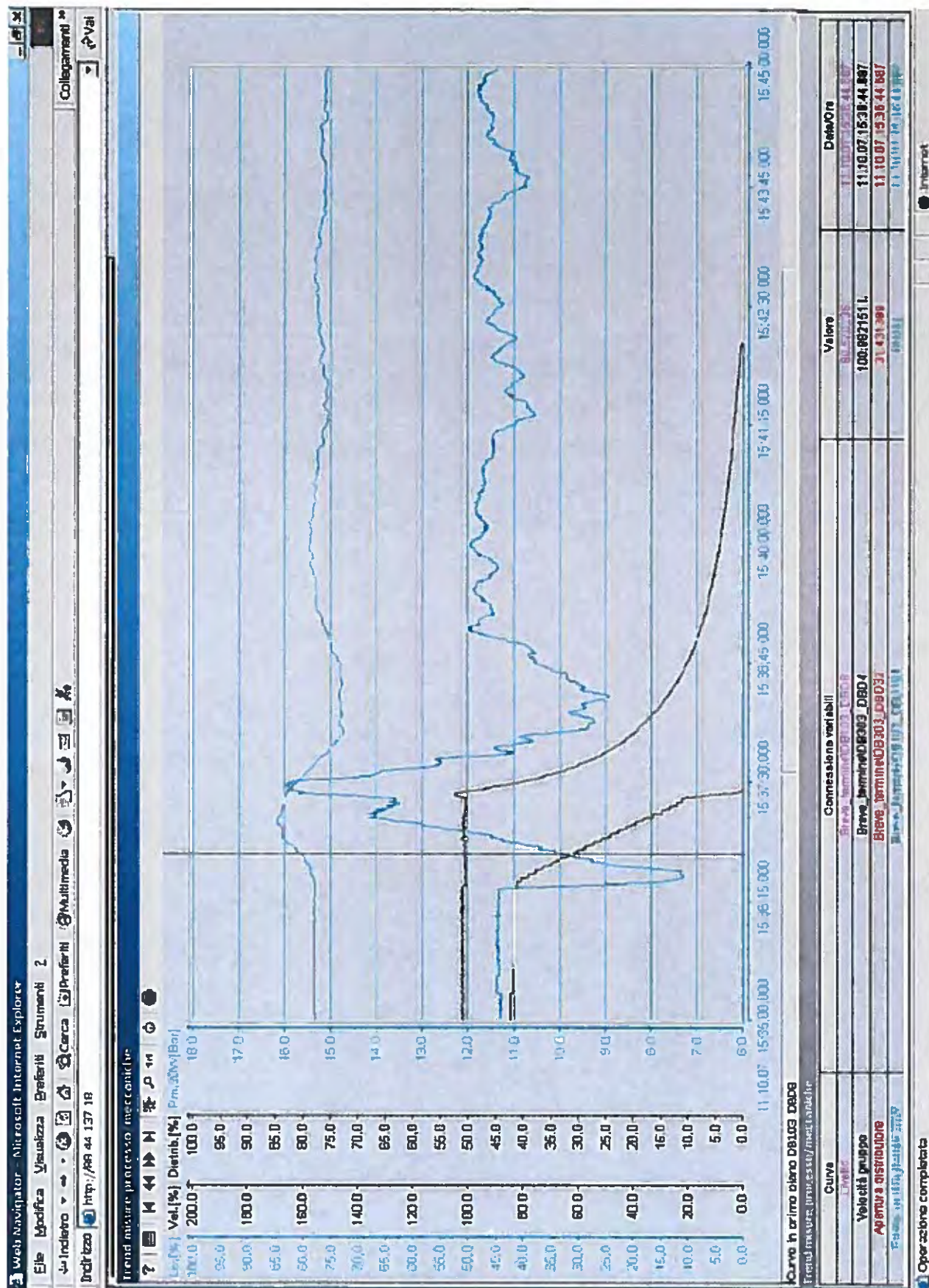
Cagliari, 15 ottobre 2007

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



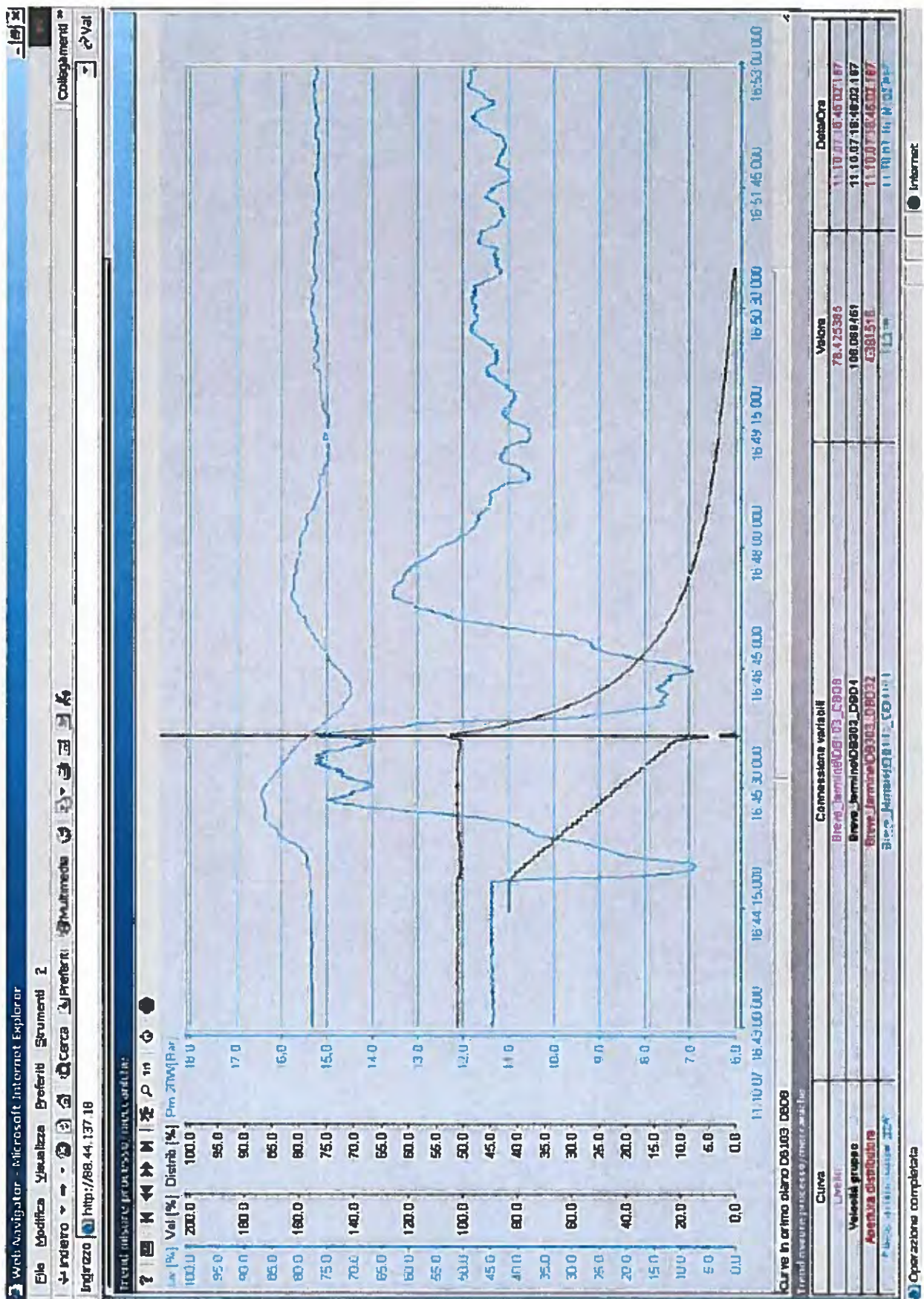
All. 1 - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 1





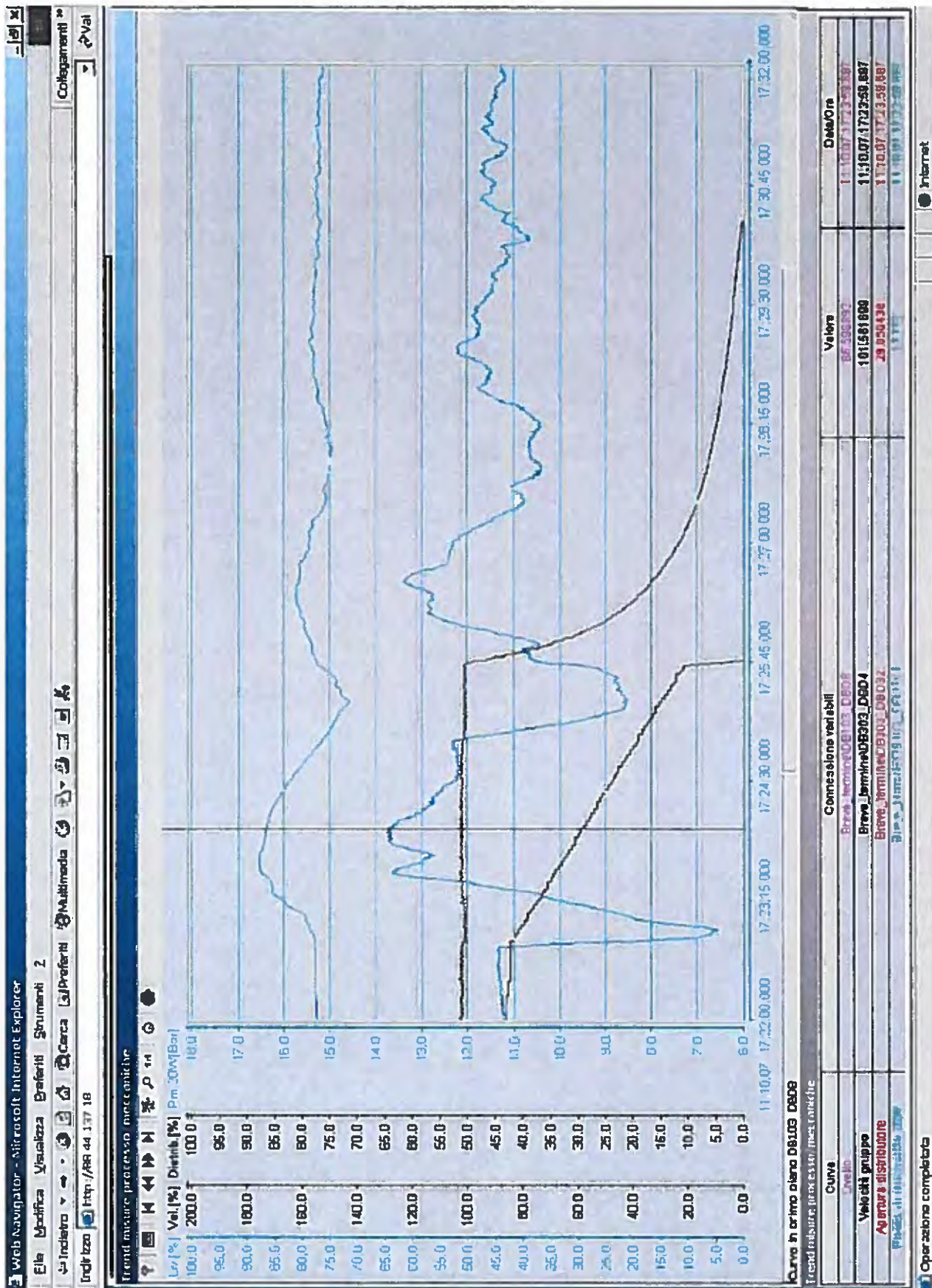
All. 2 - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 2





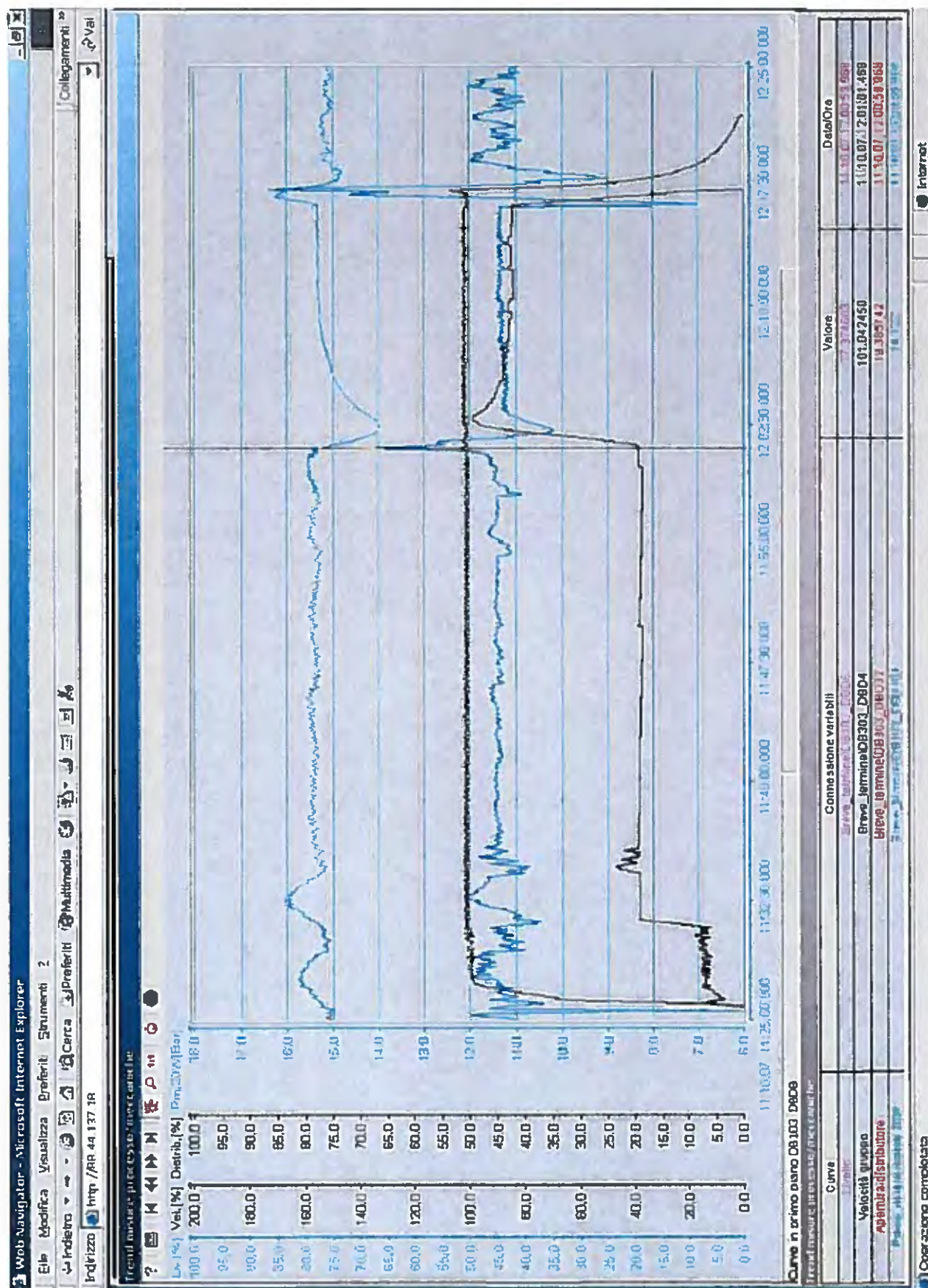
All. 3 - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 3





All. 4 - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 4





All. 5 - Centrale di S. Lorenzo - Avvio ed arresto

# **CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F. CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

**Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel**

## **MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

### **MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI SIMBIRIZZI (CA)**

#### **VERBALE DELLE PROVE ELETTROMECCANICHE ESEGUITE IN DATA 16.05.2007**

In data 16/05/2007, alle ore 10:40 circa, presso l'impianto di Simbirizzi, sono iniziate una serie di prove, come richiesto da Capitolato, relative agli stacchi di carico del gruppo a potenze via via crescenti.

Sono state effettuate n. 4 prove, a partire dalla seguente condizione

- portata in transito nell'acquedotto:  $1,2 \div 1,3 \text{ m}^3/\text{s}$  (dato fornito da potabilizzatore)
- carico netto all'arrivo dell'acquedotto: 6,75 bar (dato rilevato al manometro all'esterno della centrale)
- carico netto alla valvola di macchina: 5,9 bar (acquisizione strumentale del trasduttore di pressione installato sulla condotta)
- livello medio all'interno della vasca: 68% del livello max (acquisizione strumentale del trasduttore di pressione installato sulla presa di pressione dalla vasca di restituzione)
- chiusura completa del distributore in 100 sec.

#### **NOTE**

A causa della mancanza degli idonei contrappesi installati sulla valvola di scarico sincrono, si è preferito mantenere tale valvola in posizione di aperta, sicchè la vasca di restituzione risulta alimentata sia dalla turbina che dal by-pass di centrale.

In questa condizione di funzionamento, come si può notare anche dalle registrazioni del livello, la portata in transito in condotta aumenta (perché è aperto anche il by-pass di centrale, oltre alla turbina), causando un aumento del livello all'interno della vasca (data la costanza degli attingimenti da valle), fatto che porta la valvola a galleggiante a strozzare il ramo di by-pass, innescando un trend che porti a rimettere in equilibrio il livello all'interno della vasca.

Non avendo a disposizione la valvola di scarico sincrono, ed avendo il ramo di by-pass strozzato dalla valvola a galleggiante, durante le prove di distacco del carico si è scelto di utilizzare la chiusura lenta del distributore, che dovrebbe garantire contro l'eccessiva sovrappressione in condotta, dal momento che il tempo di manovra è sufficiente lungo (100 sec).

Si riportano di seguito l'andamento ed i risultati delle prove; in allegato, sono forniti i grafici relativi alle grandezze idromeccaniche ed a quelle elettriche.

### **PROVA N. 1**

La prima prova ha preso avvio alle ore 10:49, con le procedure di avvio del gruppo; il parallelo è avvenuto alle ore 10:51; successivamente, si è portata il gruppo al 41% di apertura del distributore, per una potenza resa di circa 475 kW, pari al 30% circa della potenza massima.

Alle ore 10:54 si è staccato il carico mediante l'apertura dell'interruttore di macchina; il distributore ha chiuso in 46 secondi circa, la velocità del gruppo è salita al 147,5% della nominale e la massima sovrappressione è salita a 11,2 bar.

Durante la prova, prima dello stacco, il livello all'interno della vasca di restituzione è salito dal valore iniziale ad un valore pari a circa il 78%; dopo lo stacco di carico, il livello si è portato fino al 61,5% in circa 1 minuto e da qui ha subito un'oscillazione in fase con l'andamento della sovrappressione, con il picco intorno al 74%.

### **PROVA N. 2**

La seconda prova ha preso avvio alle ore 11:28, con le procedure di avvio del gruppo; il parallelo è avvenuto alle ore 11:30; successivamente, si è portata il gruppo al 47,4% di apertura del distributore, per una potenza resa di circa 480 kW, pari al 30% circa della potenza massima.

Alle ore 11:37 si è staccato il carico mediante l'apertura dell'interruttore di macchina; il distributore ha chiuso in 50 secondi circa, la velocità del gruppo è salita al 153% della nominale e la massima sovrappressione è salita a 11,65 bar.

Durante la prova, prima dello stacco, il livello all'interno della vasca di restituzione è salito dal valore iniziale ad un valore pari a circa il 80%; durante il periodo di produzione, si è portato fino al 78% e dopo lo stacco di carico, si è portato fino al 60% in circa 66 secondi e da qui ha subito un'oscillazione in fase con l'andamento della sovrappressione, con il picco intorno al 75%.

Al termine delle prime due prove, si riscontrano le seguenti condizioni:

- un'eccessiva sovrappressione da colpo d'ariete in condotta, nonostante la manovra lenta del distributore (chiusura dal 100% in 100 sec circa);
- una sovravelocità che, a partire da una potenza erogata pari al ..... della massima, raggiunge già il 153% del valore nominale (1147 giri/min), cioè più della metà della sovravelocità ammissibile, pari al 180% della nominale.

Dalla valutazione di queste due condizioni emerge una conflittualità:

da un lato, si ha l'esigenza di tarare la chiusura del distributore con un tempo più lento, mentre d'altro lato occorrerebbe chiudere più velocemente il distributore per evitare eccessive sovravelocità del gruppo. Tenendo infatti conto che le prove sono state eseguite al 75% circa del carico idraulico massimo, con una portata al 60% della massima, la sovravelocità riscontrata è stata eccessiva (150%, contro un max ammissibile pari a 180%).

Si è comunque provato ad aumentare i tempi di chiusura del distributore, portando l'organo a chiudersi dal 100% in 160 sec. circa, invece che nei 100 sec come è avvenuto nelle prime due prove.

Dopo aver così tarato il distributore, si è proceduto ad effettuare altre due prove.

### **PROVA N. 3**

La terza prova ha preso avvio alle ore 13:04, con le procedure di avvio del gruppo; il parallelo è avvenuto alle ore 13:07; successivamente, si è portata il gruppo al 38,8% di apertura del distributore, per una potenza resa di circa 450 kW, pari al 28% circa della potenza massima.



Alle ore 13:12 si è staccato il carico mediante l'apertura dell'interruttore di macchina; il distributore ha chiuso in 66 secondi circa, la velocità del gruppo è salita al 144,6% della nominale e la massima sovrappressione è salita a 9,2 bar.

Durante la prova, prima dello stacco, il livello all'interno della vasca di restituzione è salito dal valore iniziale ad un valore pari a circa il 78,5%; durante il periodo di produzione, si è portato fino al 74% e dopo lo stacco di carico, si è portato fino al 64% in circa 66 secondi e da qui ha subito un'oscillazione in fase con l'andamento della sovrappressione, con il picco intorno al 74%.

#### PROVA N. 4

La quarta prova ha preso avvio alle ore 15:27, con le procedure di avvio del gruppo; il parallelo è avvenuto alle ore 15:30; successivamente, si è portata il gruppo al 48,4% di apertura del distributore, per una potenza resa di circa 500 kW, pari al 31% circa della potenza massima.

Alle ore 15:39 si è staccato il carico mediante l'apertura dell'interruttore di macchina; il distributore ha chiuso in 77 secondi circa, la velocità del gruppo è salita al 153,4% della nominale e la massima sovrappressione è salita a 10,3 bar.

Durante la prova, prima dello stacco, il livello all'interno della vasca di restituzione è salito dal valore iniziale ad un valore pari a circa il 79%; durante il periodo di produzione, si è portato fino al 76% e dopo lo stacco di carico, si è portato fino al 63% in circa 77 secondi e da qui ha subito un'oscillazione in fase con l'andamento della sovrappressione, con il picco intorno al 74%.

A questo punto, vista la persistenza delle problematiche relative alla sovrappressione in condotta ed alla sovravelocità del gruppo, si è deciso di interrompere le prove.

#### NOTE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il valore di pressione rilevato dal trasduttore sulla condotta è da controllare mediante manometro, in quanto lo strumento sembra rilevare un valore inferiore a quello reale; questa anomalia sembra anche essere confermata dal confronto dei valori rilevati dal trasduttore a monte e da quello a valle della valvola di macchina, in cui il valore rilevato da quest'ultimo è maggiore di quello rilevato dallo strumento installato a monte.

Occorrerà procedere ad una verifica dei calcoli del colpo d'ariete, in quanto non sembra fornire dati confrontabili con quanto si è rilevato in opera durante le prove.

La procedura di chiusura lenta del distributore viene attuata solo in casi particolari; durante il normale servizio del gruppo, lo scambio tra la valvola di scarico sincrono ed il distributore (con la valvola a galleggiante mantenuta al corretto grado di apertura dal livello nella vasca) consentirà di effettuare la chiusura rapida del distributore ed il mantenimento dei valori di sovrappressione in condotta e sovravelocità del gruppo entro livelli accettabili. Tale prova sarà comunque effettuata non appena la ditta fornitrice delle valvole avrà provveduto alla sostituzione dei contrappesi, attualmente insufficienti.

Cagliari, 16 maggio 2007

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Stefano Calvo', is written below the typed name.

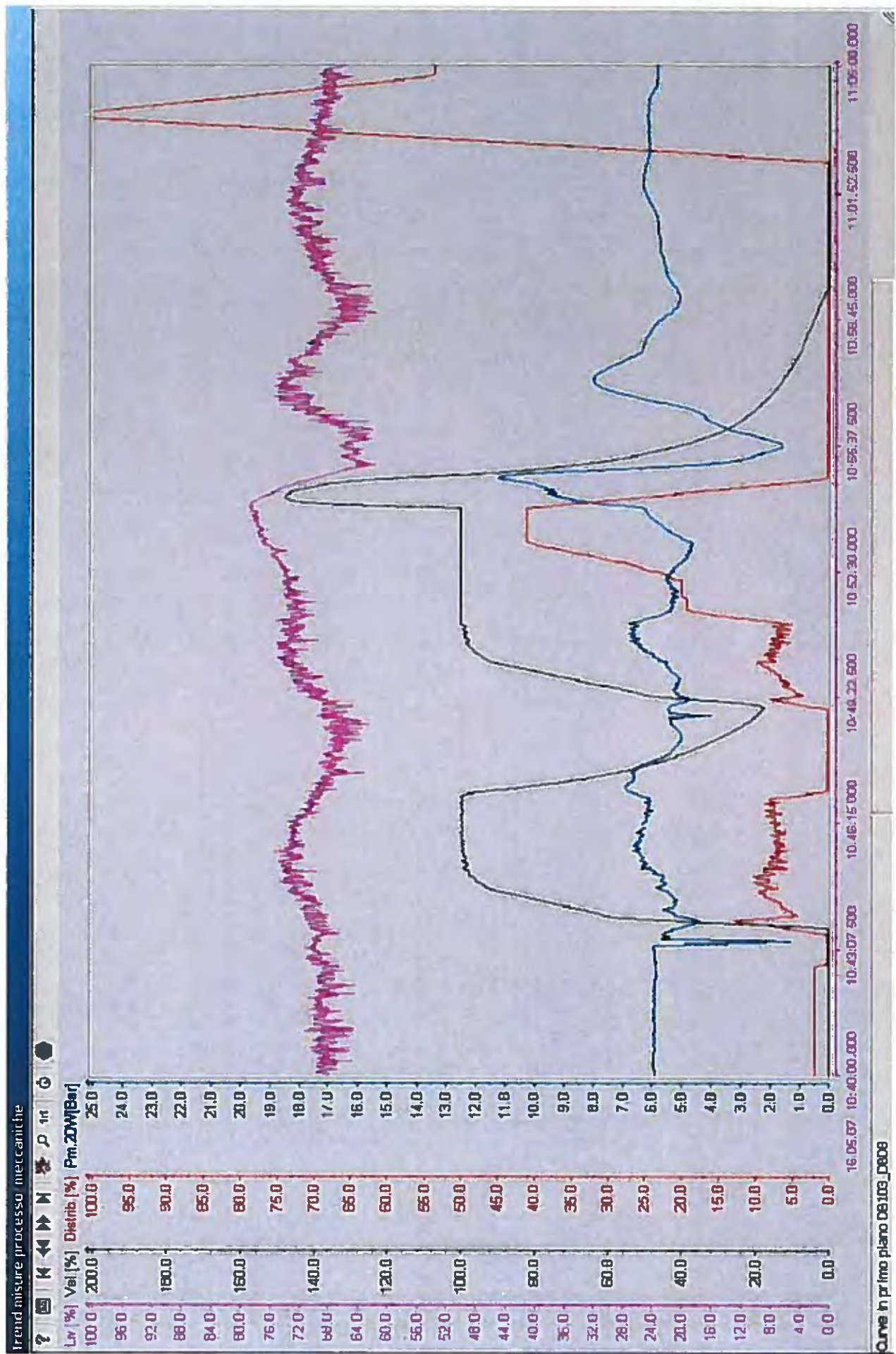


Fig. 1: Prova n. 1 - Andamento nel tempo delle grandezze idromeccaniche (ore 10:43: primo tentativo di parallelo andato a vuoto)



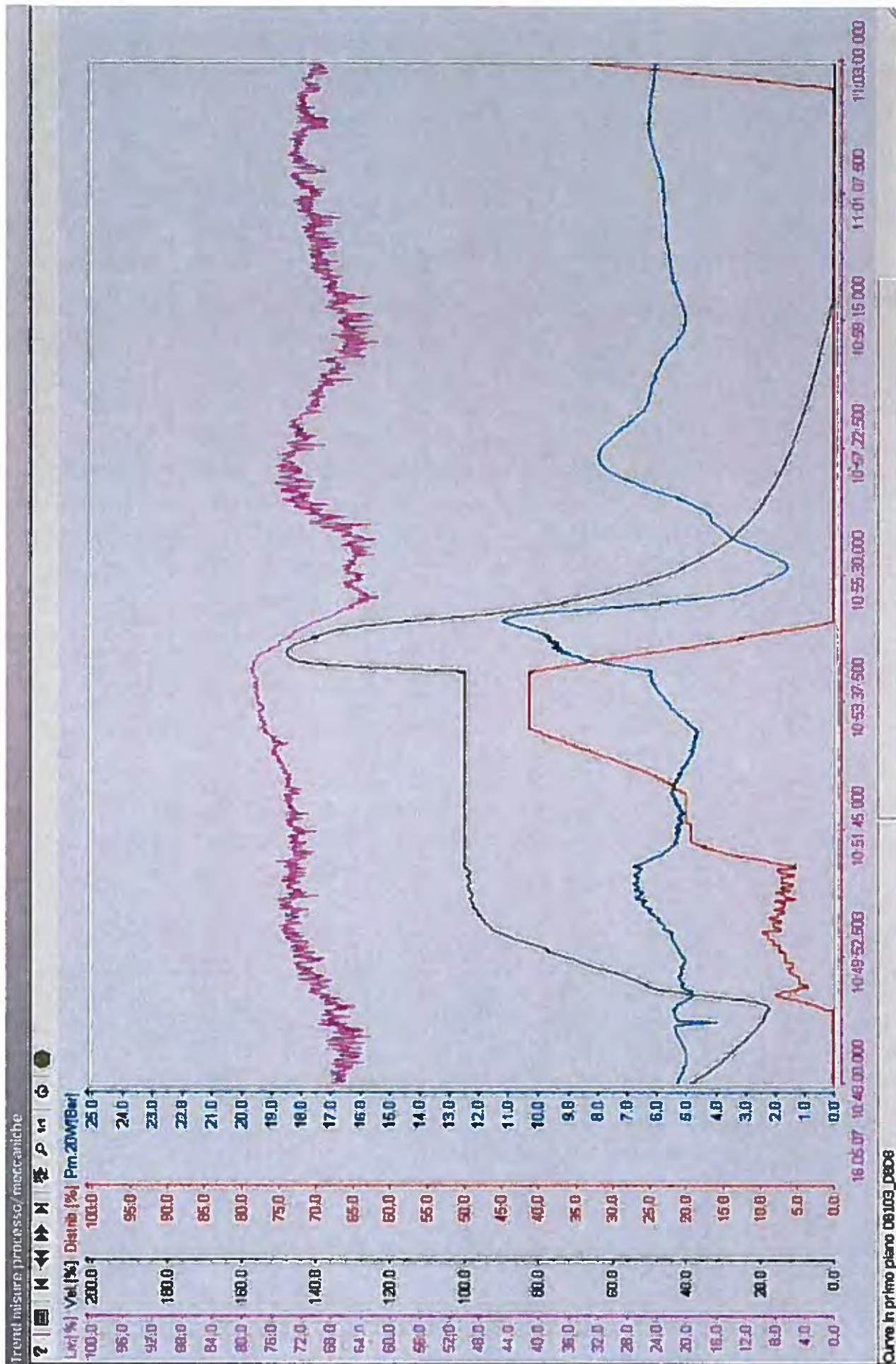


Fig. 2: Prova n. 1 - Andamento nel tempo delle grandezze idromeccaniche (dettaglio)

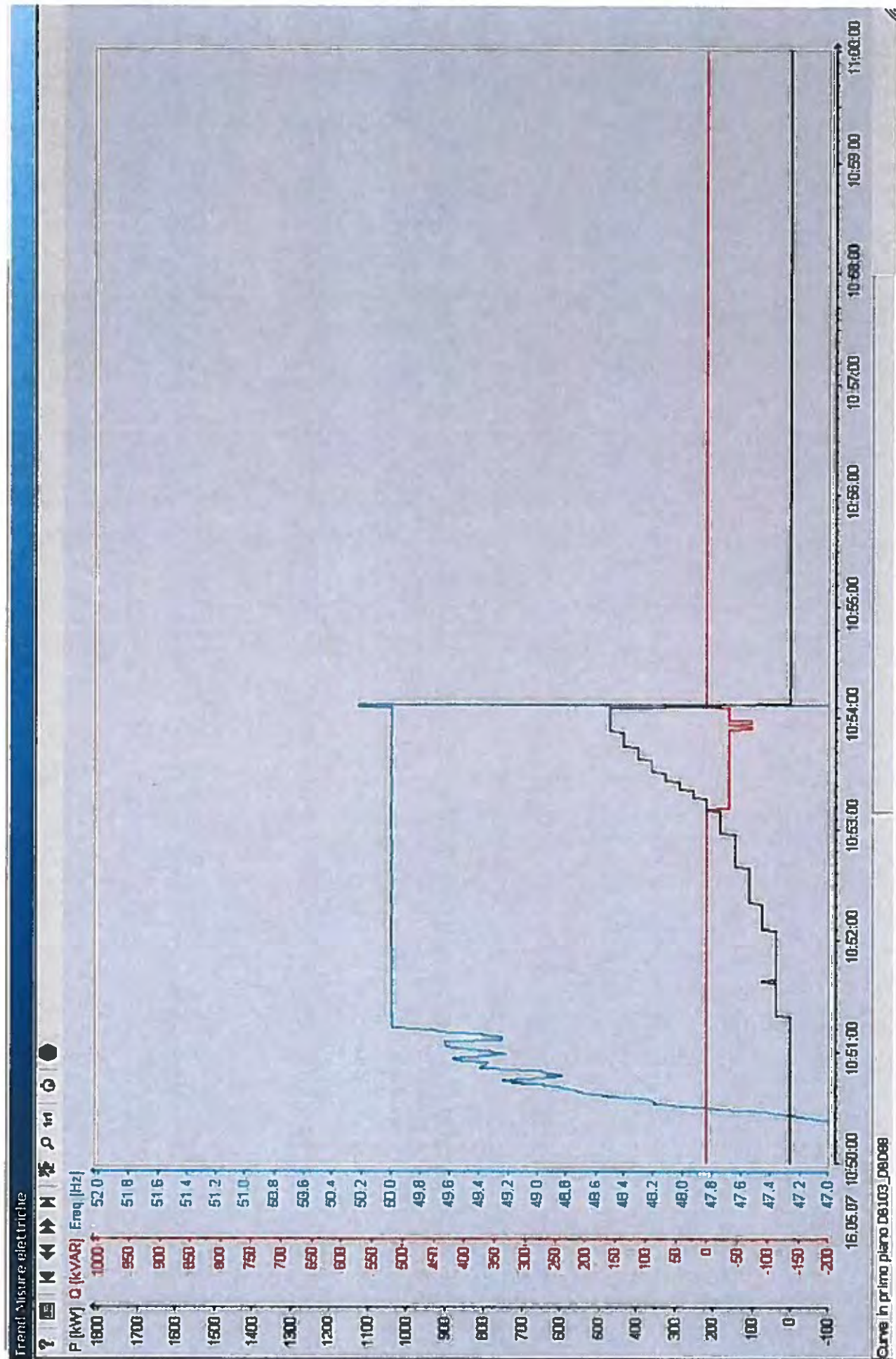


Fig. 3: Prova n. 1 - Andamento nel tempo delle grandezze elettriche



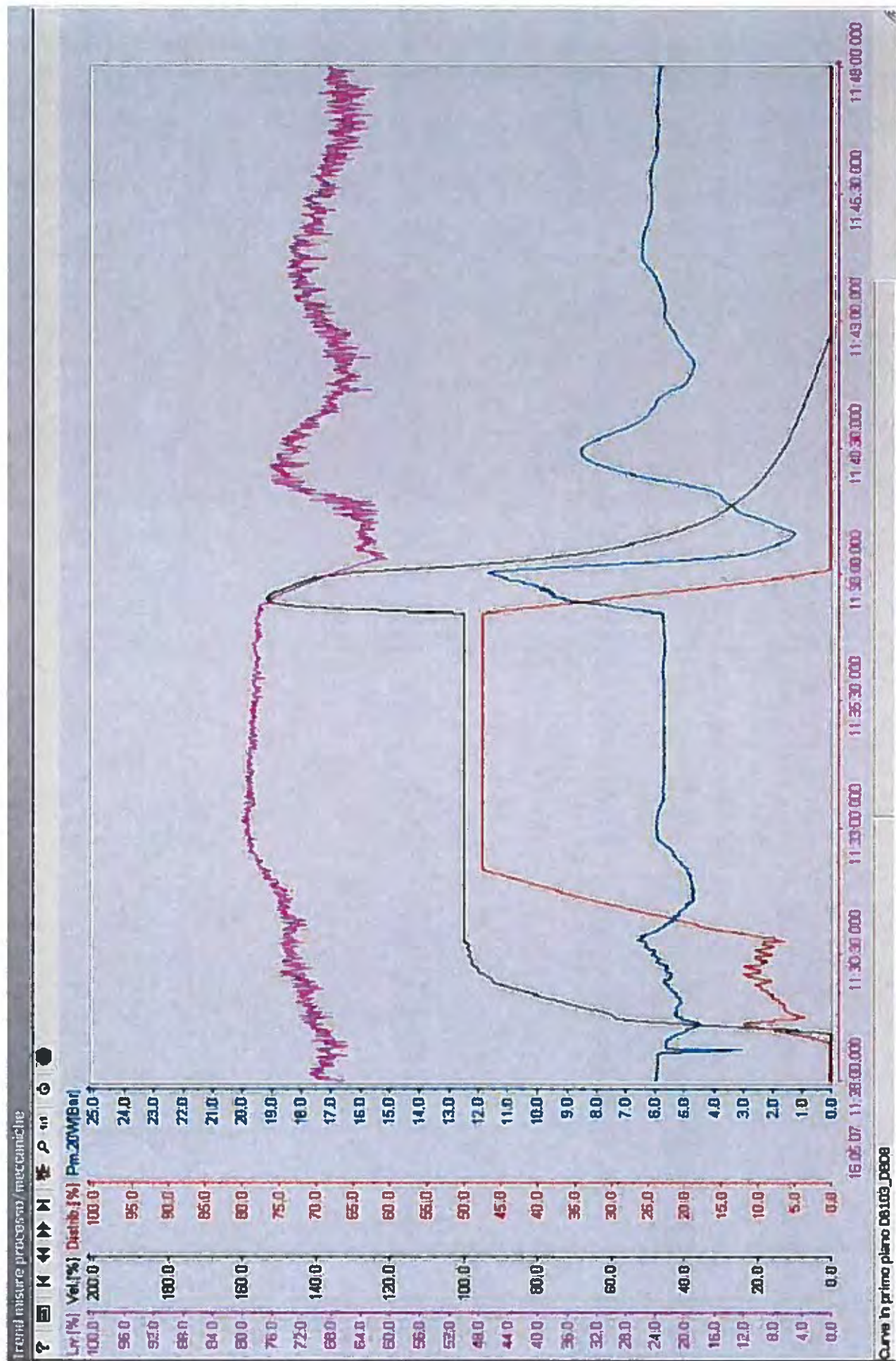


Fig. 4: Prova n. 2 - Andamento nel tempo delle grandezze idromeccaniche

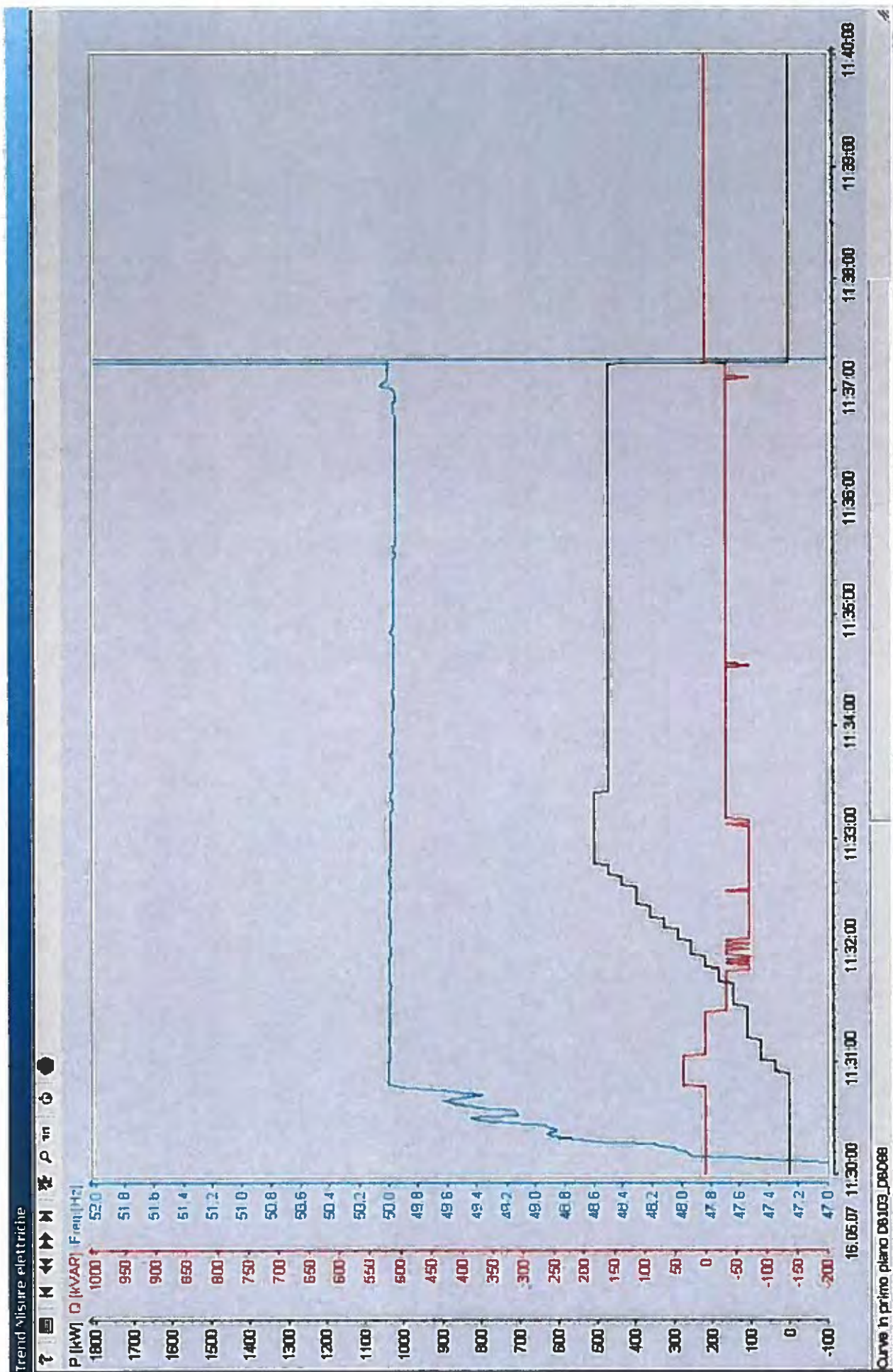


Fig. 5: Prova n. 2 - Andamento nel tempo delle grandezze elettriche



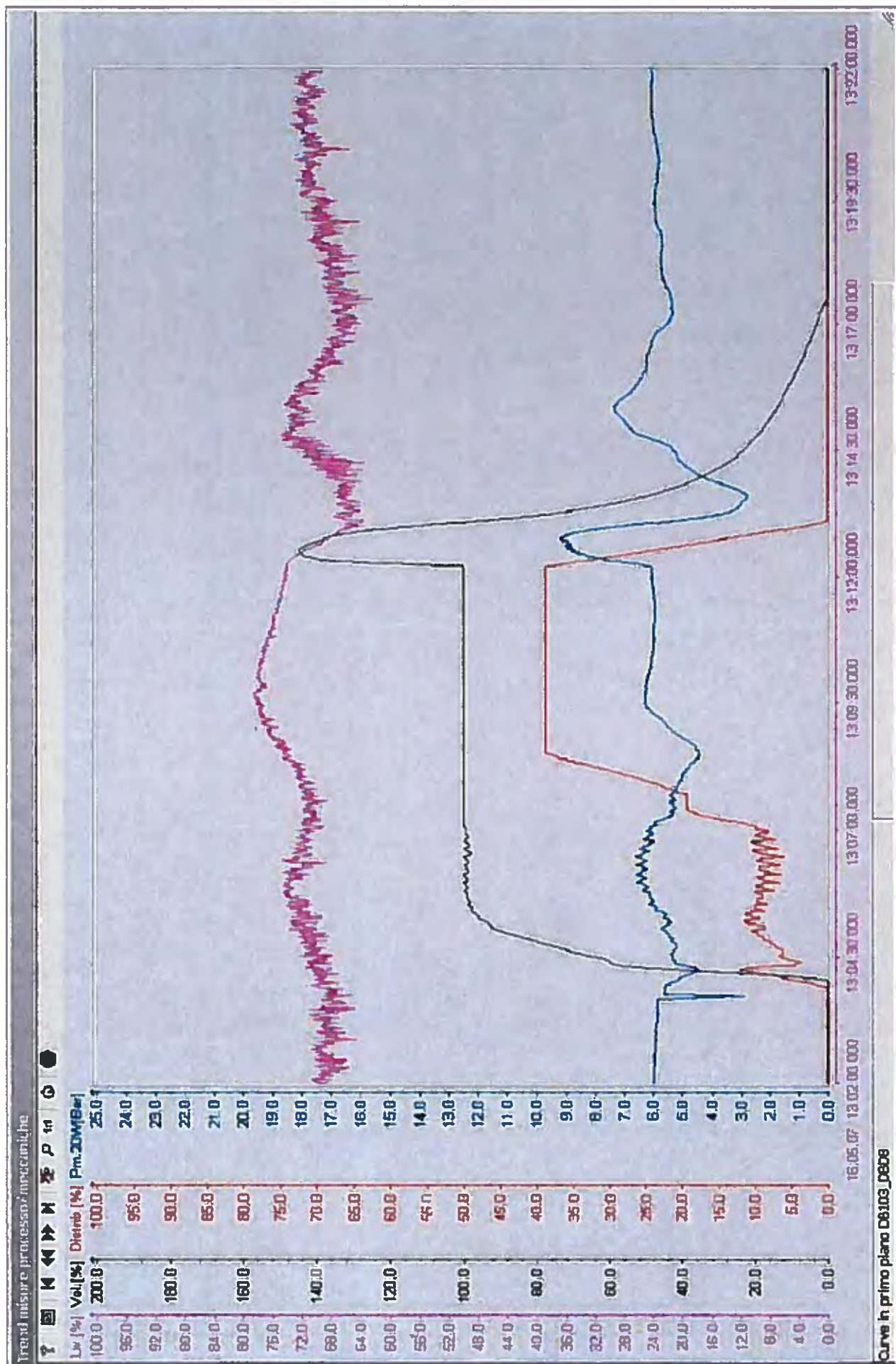


Fig. 6: Prova n. 3 - Andamento nel tempo delle grandezze idromeccaniche

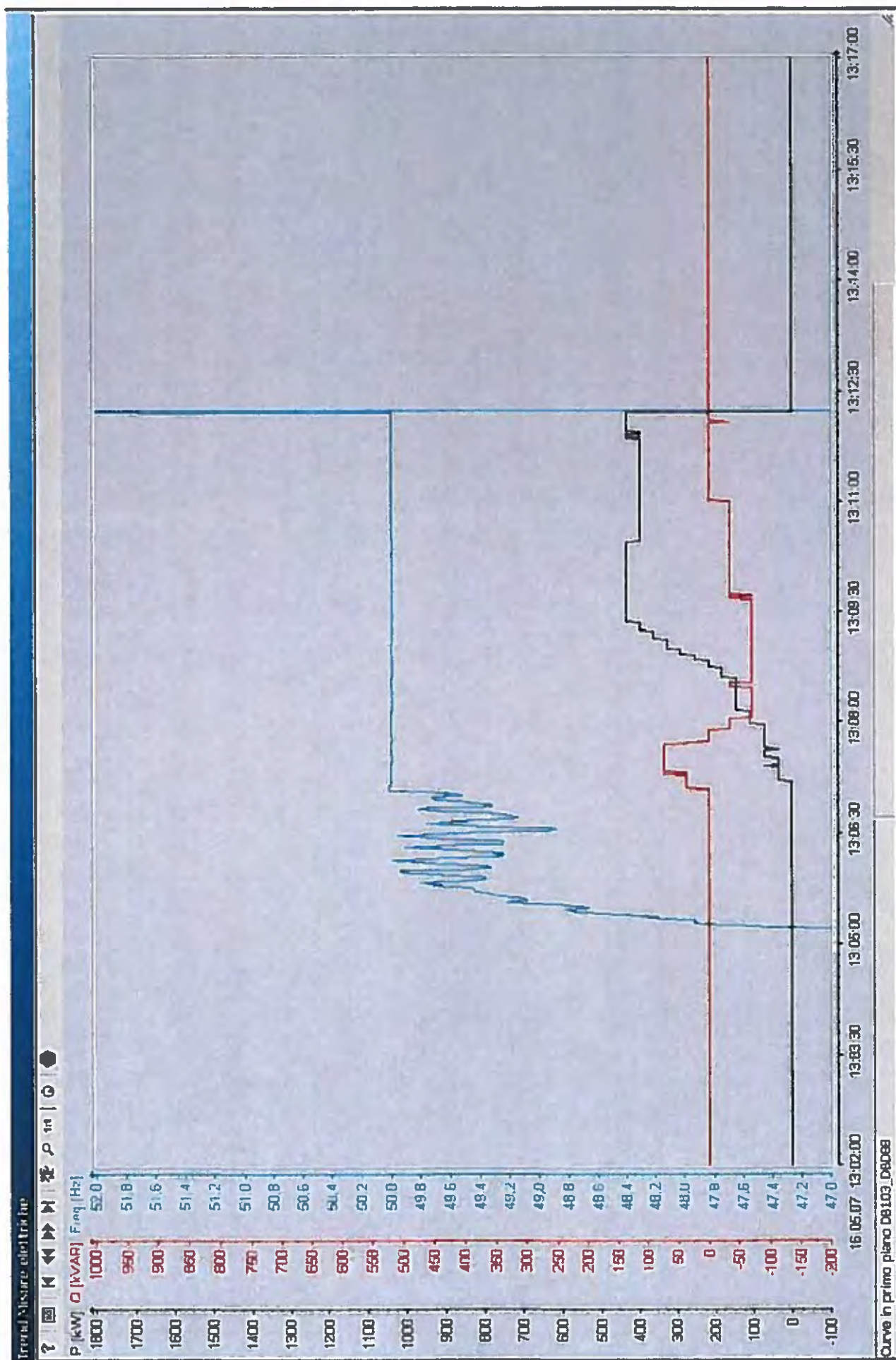


Fig. 7: Prova n. 3 - Andamento nel tempo delle grandezze elettriche



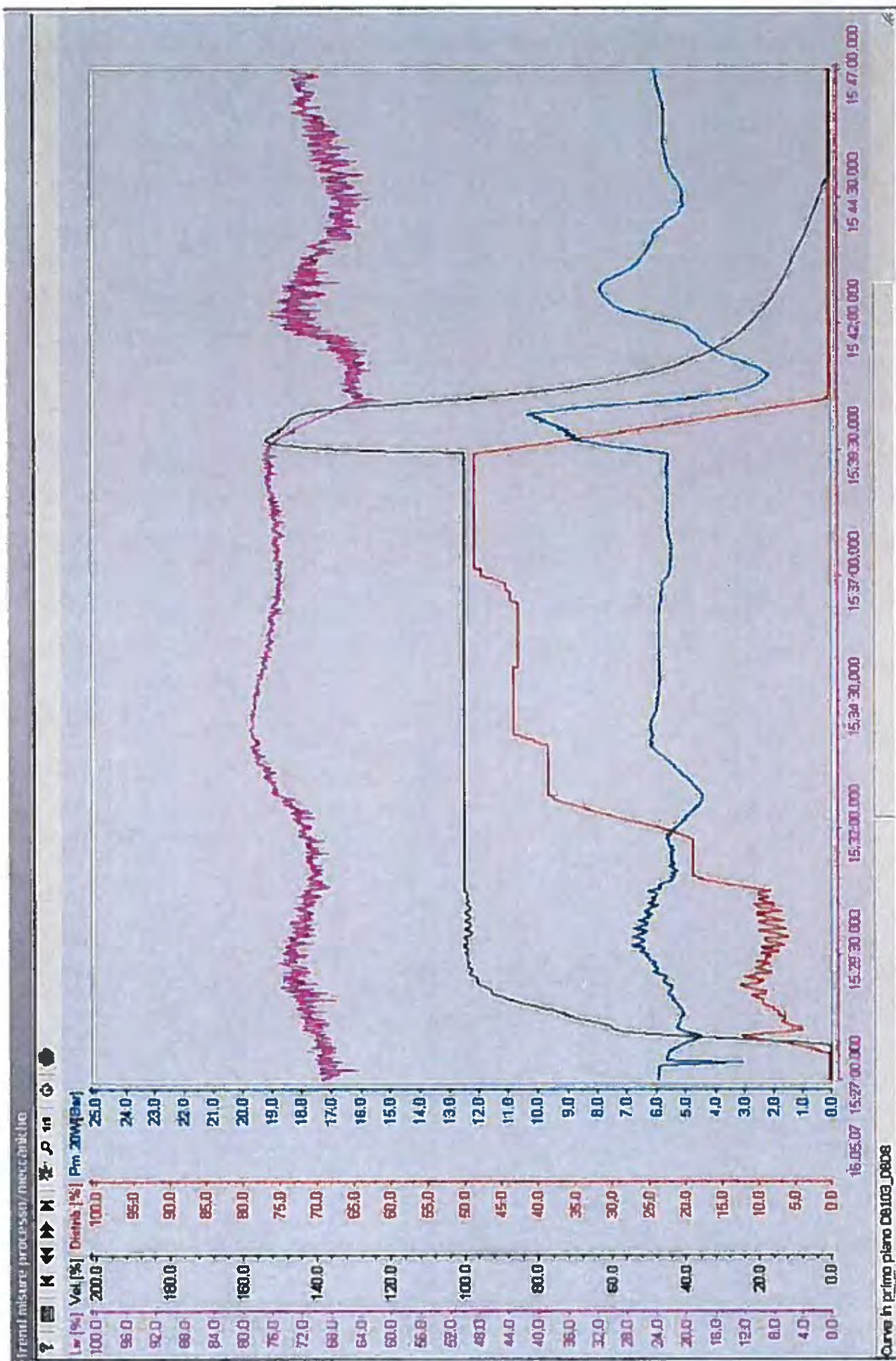


Fig. 8: Prova n. 4 - Andamento nel tempo delle grandezze idromeccaniche

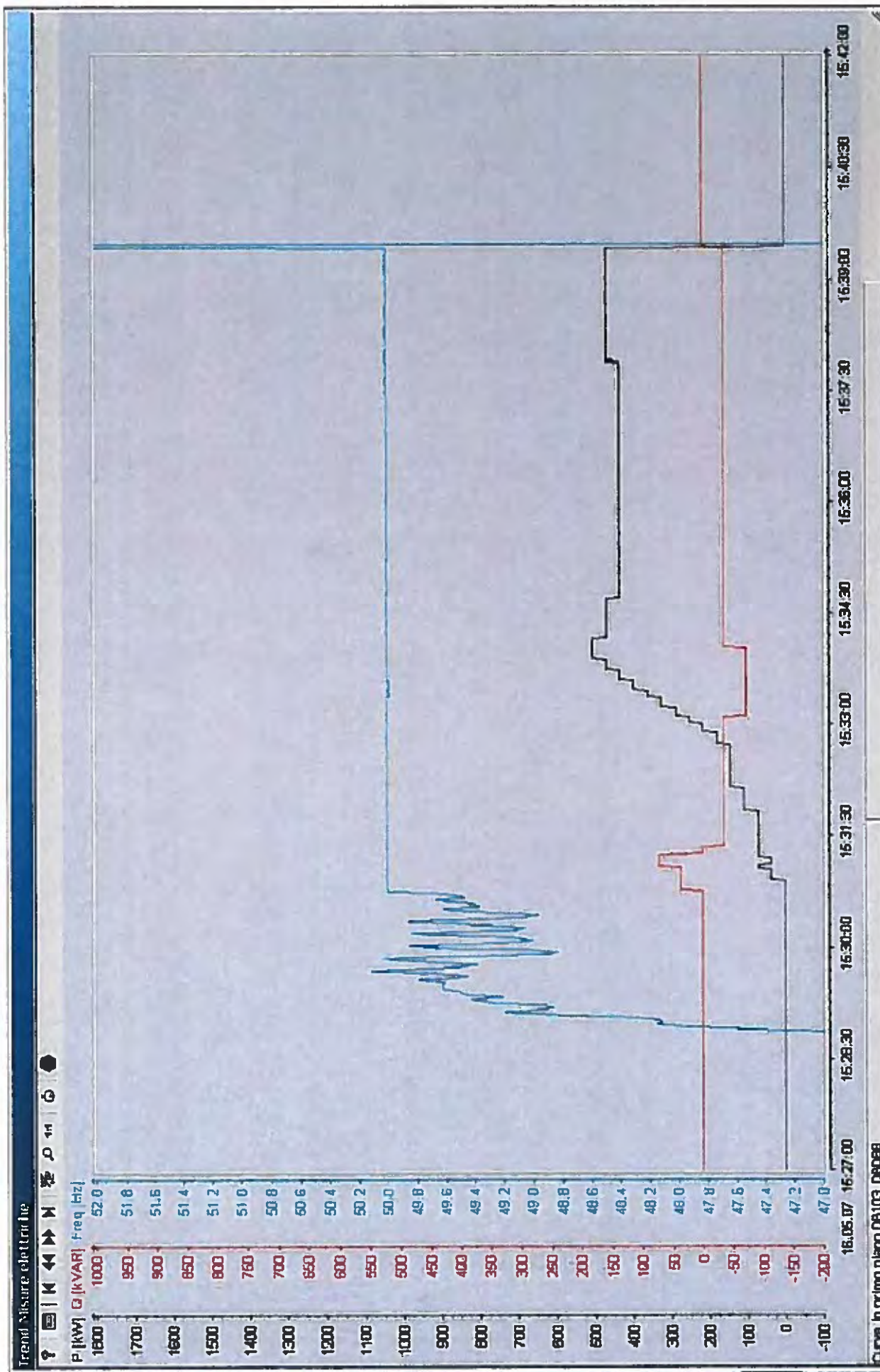


Fig. 9: Prova n. 4 - Andamento nel tempo delle grandezze elettriche



**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALI IDROELETTRICHE DI SAN LORENZO E SIMBIRIZZI**

**VERBALE DEI CONTROLLI ESEGUITI IN DATA 10-11 OTTOBRE 2007**

I giorni 10 e 11 Ottobre 2007, alla presenza dell'Impresa (ing. Vicentini, sig. Sbalchiero; ing. Genucchi) e della Direzione Lavori (ing. Calvo), presso la centrale di S. Lorenzo, si sono svolti alcuni controlli sulle tenute d'albero e sono state effettuate alcune prove.

La tenuta a baderna fino a quel momento installata provocava delle perdite non compatibili con un corretto funzionamento dell'impianto, e soprattutto un'instabilità dell'entità di tali perdite manifestantesi in occasione di ogni partenza od arresto del gruppo, nonostante le registrazioni di volta in volta effettuate, tanto che l'Impresa preferiva non lasciare la macchina in esercizio senza sorveglianza.

Dopo aver smontato la tenuta, sono stati effettuati alcuni controlli visivi che hanno evidenziato una non corretta installazione della tenuta; l'Impresa ha perciò provveduto a comprare delle nuove baderne e ad installarle correttamente.

In seguito all'installazione, terminata nella serata di Mercoledì 10, la tenuta si presentava ancora con qualche perdita, comunque decisamente inferiore alla situazione precedente, e soprattutto direzionata verso il basso, ove era stato in precedenza predisposto un raccoglitore con tubo di allontanamento.

La situazione appare comunque ancora non del tutto soddisfacente, tenuto anche conto di due aspetti:

- la velocità periferica del manicotto ceramico (precedentemente utilizzato per la tenuta meccanica) è molto prossima al limite di esercizio della baderna, sicchè ad ogni arresto (o stacco di carico) le sovravelocità del gruppo tendono ad essere superiori a quelle dichiarate ammissibili dal fornitore della baderna, con esiti incerti sulla tenuta nel lungo periodo;
- lo spazio per installare correttamente una tenuta a baderna non è sufficiente, dal momento che era stato ottimizzato per la tenuta meccanica precedentemente prevista.

L'Impresa sta perciò studiando la possibilità di installare una nuova tenuta meccanica che darebbe garanzie di tenuta.

Nella giornata di Giovedì 11 sono state effettuate alcune prove di arresto del gruppo.

Dal punto di vista delle sovrappressioni generate, questa manovra risulta più critica rispetto agli stacchi di carico; occorre infatti considerare che:

- la macchina, prima di distaccarsi dalla rete, deve portarsi al minimo tecnico; contemporaneamente, si deve iniziare la manovra di apertura dello scarico sincrono;
- il tempo di apertura dello scarico sincrono non è regolabile ed è stato tarato in relazione al tempo di chiusura del distributore al fine di ottimizzare le sovrapressioni per distacco di carico;
- tale configurazione, come risulta dai grafici allegati, produce dapprima un abbassamento della pressione, dovuto all'apertura dello scarico sincrono; contemporaneamente, si chiude il distributore. Durante tale manovra, più lunga rispetto a quella del sincrono, la pressione risale;
- dopo aver raggiunto il minimo tecnico, viene comandato lo sgancio dal parallelo con l'apertura dell'interruttore di macchina; in questa occasione, il distributore chiude velocemente e si genera un'ulteriore sovrapressione.

Come risulta dai grafici allegati, se la sovrapressione che si genera durante la chiusura del distributore può essere mantenuta entro limiti accettabili, la successiva sovrapressione dovuta al distacco dal parallelo produce un ulteriore picco non accettabile (16,406 bar in occasione della prima prova).

Si sono dunque cercati dei correttivi per ridurre le sovrapressioni.

Per ridurre la sovrapressione generata, teoricamente si potrebbe agire in due modi opposti:

- ridurre il tempo di manovra del distributore onde farlo coincidere, grosso modo, con quello che si verifica per stacco di carico, ovvero
- aumentare il tempo di manovra per contenere il più possibile la sovrapressione.

La prima modalità non è purtroppo praticabile perché, dovendo la macchina rimanere in parallelo, l'eccitatrice non riesce a reagire a importanti variazioni di carico nell'arco di brevissimo tempo (tale caratteristica non è peraltro un difetto dell'eccitatrice, soprattutto nel caso di un'eccitazione di tipo brushless come quella installata, che ha tempi di reazione più lunghi rispetto a quelli di un'eccitazione statica). E' giocoforza, quindi, agire in senso opposto, riducendo il gradiente di velocità di chiusura del distributore.

Così facendo, si è riusciti a limitare la sovrapressione all'arresto, passando da un valore di 16,41 bar circa ad un valore di 13,77 bar (108% del carico statico; portata in transito circa 900 l/s).

Inoltre, su richiesta della DL, è stato inserito un tempo di attesa prima dello sgancio dal parallelo, onde contenere il più possibile la successiva sovrapressione; tale modifica è stata programmata ed inserita nel software da remoto nella serata di Giovedì. E' stato inserito anche un controllo relativo al tempo di permanenza al minimo tecnico, oltre il quale si provvede comunque ad aprire l'interruttore di macchina, onde evitare possibili problemi che potrebbero provocare un'indefinita permanenza al minimo tecnico.

Ulteriori riduzioni della sovrapressione potranno ottenersi con un ulteriore decremento del gradiente di chiusura del distributore e/o del tempo di permanenza al minimo tecnico prima dello sgancio dell'interruttore di macchina, anche se così facendo i tempi di arresto del gruppo si allungheranno.

Ad ulteriore garanzia, si potrebbe verificare la possibilità/opportunità di comandare la chiusura dello scarico sincrono a gradini, in modo da equilibrare i tempi di manovra del sincrono e del distributore senza alterare la regolazione della velocità di chiusura del sincrono (tarata, come anzidetto, in relazione al tempo di chiusura del distributore al fine di ottimizzare le sovrapressioni per stacco); in un arresto controllato questa opzione potrebbe essere disponibile, mentre durante uno stacco, ovviamente, il sincrono reagirebbe esclusivamente in relazione alla velocità impostata.

Una modifica dei tempi di apertura del sincrono, viceversa, rischierebbe di provocare manovre troppo lunghe per parziali aperture del distributore e, soprattutto, causare maggiori sovrapressioni in

occasione di distacchi di carico; è perciò preferibile, per il momento, mantenere l'impostazione attuale, salvo verifiche da effettuarsi per distacchi di carico alla massima potenza.

A parere della scrivente DL, occorrerà procedere ad una valutazione delle sovrappressioni anche in occasione del transito della massima portata; in questo caso, i maggiori valori si potranno ottenere su un impianto in corrispondenza del fermo dell'altro.

Anche al termine delle manovre di avviamento del gruppo (vedi fig. 3), al momento della completa chiusura del sincrono si genera una sovrappressione, comunque contenuta (ed inferiore al 120% del carico statico); anche qui, comunque, si potrà rallentare ulteriormente la chiusura del sincrono onde limitarne in qualche misura l'effetto sulle sovrappressioni.

E' opportuno commentare l'andamento delle pressioni in condotta riscontrato durante queste manovre.

Quando inizia la manovra di calo di potenza fino al minimo tecnico, si apre velocemente la valvola di scarico sincrono. Questa manovra determina il richiamo di una portata più elevata rispetto alla condizione di regime precedente e questo provoca una riduzione della pressione e contemporaneamente un incremento del livello all'interno della vasca di restituzione, che a sua volta provoca una strozzatura da parte del galleggiante che tende a ridurre la portata in afflusso alla vasca dal ramo di by-pass della centrale.

Dal momento che i tempi di reazione del galleggiante non sono istantanei, l'effetto di strozzatura del galleggiante si somma all'effetto di riduzione dell'apertura del distributore, provocando così un aumento di pressione fino a raggiungere la massima sovrappressione registrata.

In realtà, si nota come l'effetto combinato dell'apertura del sincrono e della chiusura del distributore provochi un primo picco di pressione (durante le varie prove ai valori di 14,6, 14,2, 15,0 e 13,7 bar circa), dopodichè, proseguendo la chiusura del distributore, la pressione tende a calare (durante le varie prove ai valori di 13,7, 13,5, 14,0, 12,7 bar circa). Solo successivamente interviene l'effetto di reazione del galleggiante, che provoca un innalzamento della pressione; nelle prime due prove, tale effetto è praticamente concomitante con l'apertura dell'interruttore di macchina e la conseguente chiusura rapida del distributore e provoca i maggiori valori di pressione registrati (16,41 e 16,0 bar). Nelle successive prove, invece, l'aumento del tempo di chiusura del distributore fa sì che il distacco dalla rete sia differito temporalmente rispetto alla strozzatura del galleggiante, strozzatura che provoca un secondo picco di pressione nelle prove 3 e 4 (ai valori rispettivamente di 15,2 e 13,77 bar circa), dopodichè la pressione ridiscende (ai valori rispettivamente di 13,9 e 12,2 bar circa).

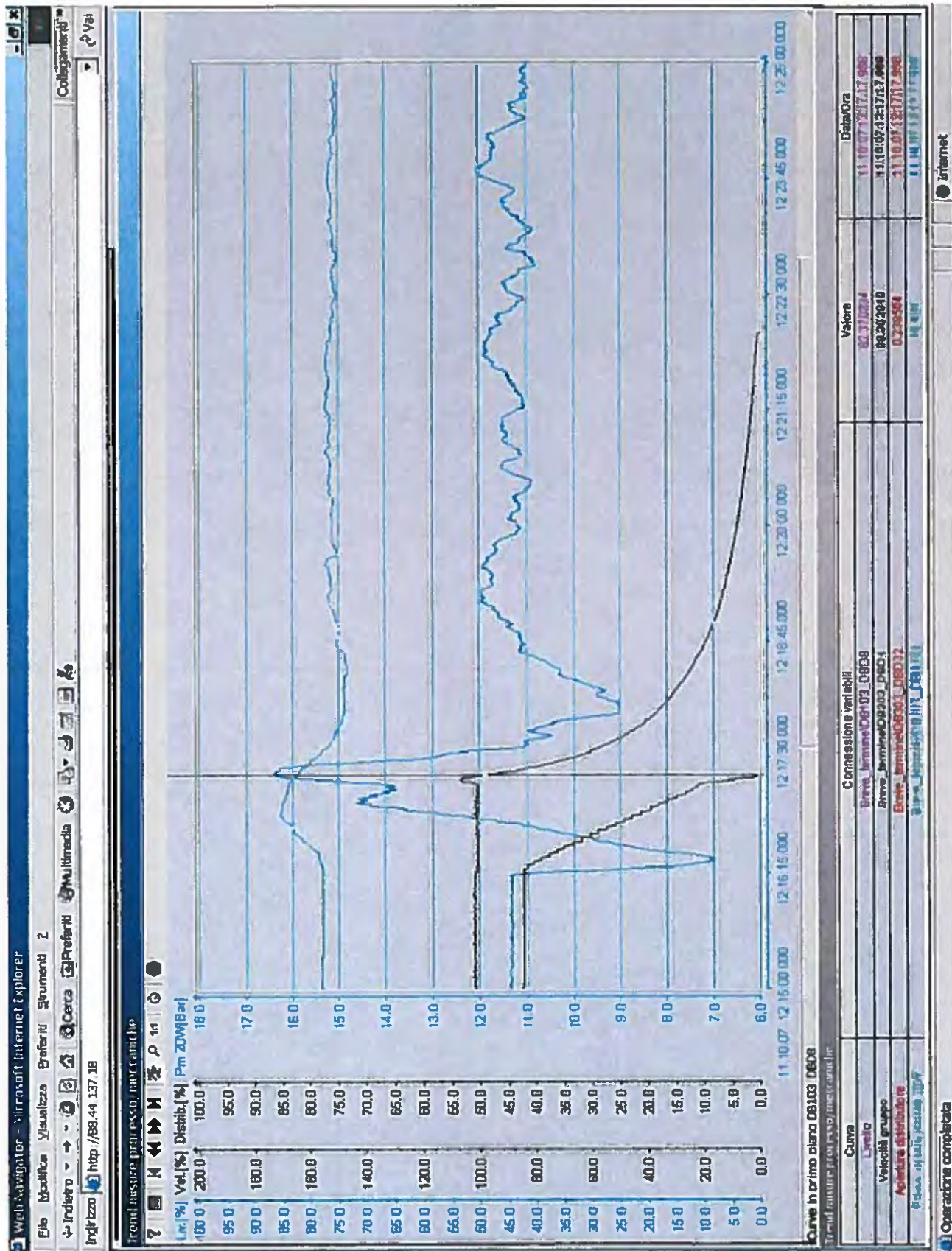
Nella prova 4, si nota come, esaurito l'effetto della strozzatura del galleggiante e calato il livello all'interno della vasca, il galleggiante riapra provocando un aumento di portata e facendo così ricalare la pressione fino a 8,5 bar circa, mentre il distributore sta ancora chiudendo per portare la macchina al minimo tecnico; si ha in seguito il distacco della macchina dalla rete (chiusura completa del distributore con picco a 10,5 bar circa) e, solo in seguito, la reazione del galleggiante all'aumentato livello nella vasca che provoca un ulteriore picco a 13,4 bar circa; dopodichè il livello nella vasca comincia a stabilizzarsi con successive manovre (sempre più smorzate) del galleggiante e la pressione tende a riportarsi ai valori di regime con oscillazioni smorzate.

Cagliari, 15 ottobre 2007

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo

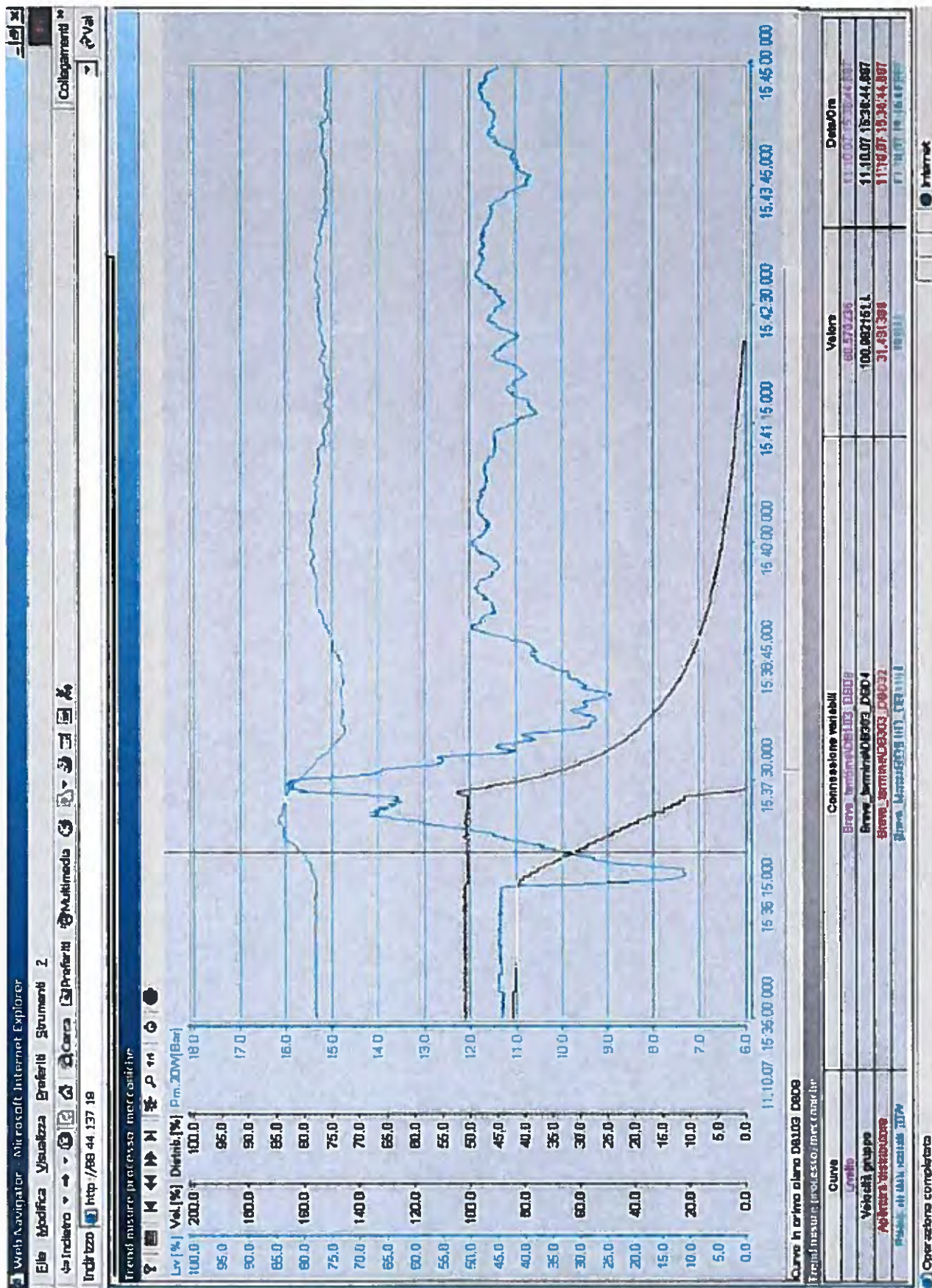


*Stefano Calvo*



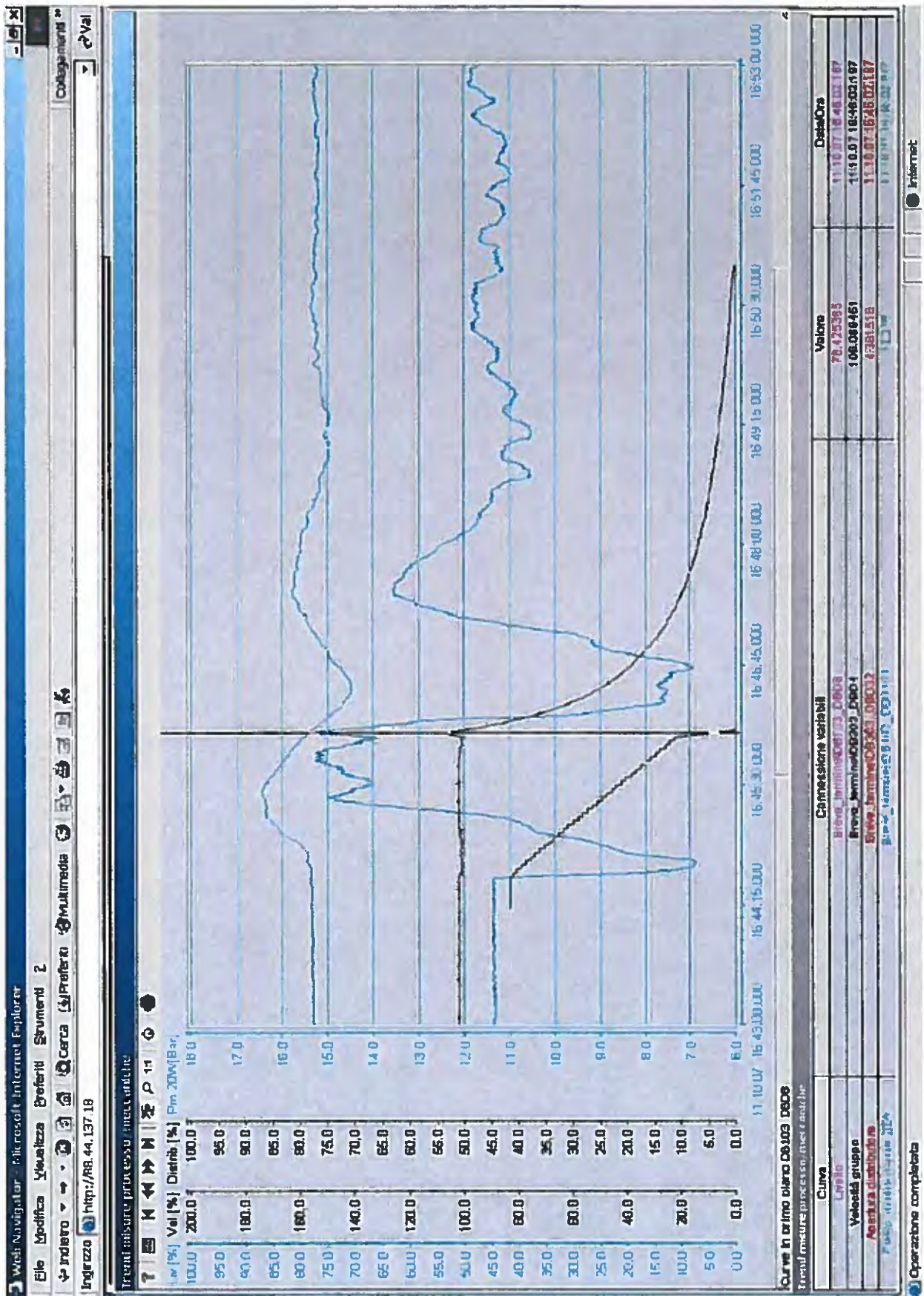
All. 1 - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 1





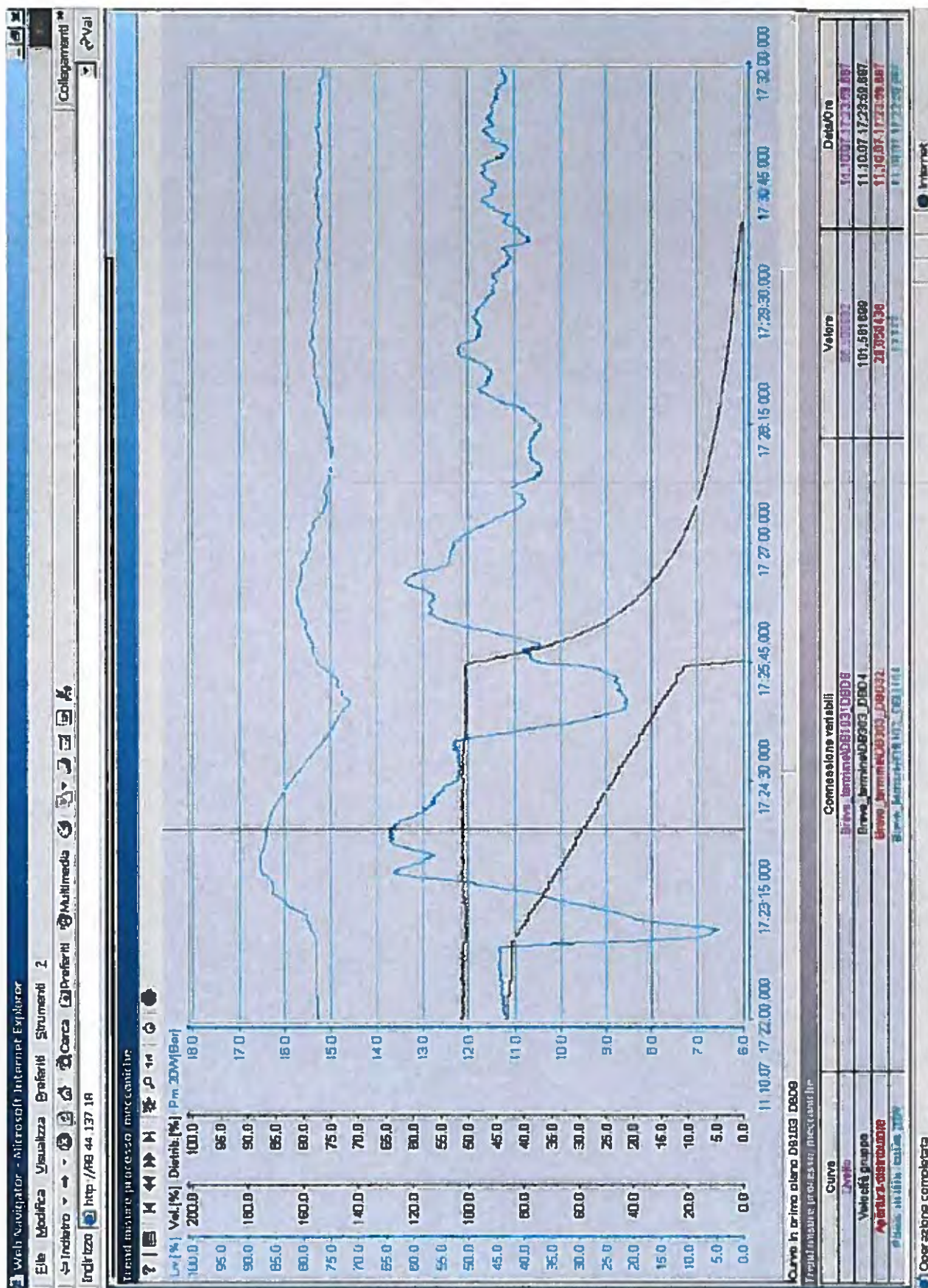
All. 2 - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 2





All. 3 - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 3





All. 4 - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 4





**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALI IDROELETTRICHE DI SAN LORENZO E SIMBIRIZZI**

**VERBALE DELLE PROVE ESEGUITE IN DATA 07 E 08 NOVEMBRE 2007**

**1 PREMESSA**

I giorni 07 e 08 Novembre 2007, alla presenza dell'Impresa nelle persone dell'ing. Alberto Vicentini e del sig. Maurizio Sbalchiero e della Direzione Lavori nella persona del Direttore Operativo per le installazioni elettromeccaniche, ing. Stefano Calvo, si sono svolte presso le centrali di Simbirizzi e S. Lorenzo alcune delle prove previste dal Contratto e relative al funzionamento delle macchine (rif. art. 24 dell'Annesso Disposizioni Amministrative al Contratto di Appalto).

Le prove condotte hanno riguardato essenzialmente:

- verifica dei tempi di manovra degli organi;
- manovra sotto flusso della valvola di intercettazione;
- stacchi di carico con misura della sovravelocità;
- misura delle vibrazioni;
- verifica della velocità di fuga (Simbirizzi);
- verifica della assenza di perdite e trasudamenti di olio dagli apparati e dalle tubazioni comprese nella fornitura.

La Direzione Lavori ha inoltre richiesto l'effettuazione di prove di arresto controllato del gruppo, con misura delle sovrapressioni.

Sono state effettuate anche una prima valutazione dei rendimenti di turbina e, solo sull'impianto di S. Lorenzo, la determinazione della potenza resa a piena apertura, secondo quanto richiesto dal Capitolato Speciale di Appalto parte I, art. 9.1.

Si fa presente che le seguenti prove (sempre previste a Capitolato):

- verifica funzionale di tutte le apparecchiature e di tutti i comandi elettrici ed oleodinamici;
- messa a punto dei servoposizionatori con ottimizzazione dei parametri di regolazione;
- regimazione della temperatura dei cuscinetti;
- funzionamento del sistema di eccitazione e di regolazione della tensione;
- verifica del senso di successione delle fasi;

sono state già eseguite con esito favorevole in data 19/04/2007 e 16/05/2007 (Simbirizzi) e 16/05/2007, 02/08/2007 e 10-11/10/2007 (S. Lorenzo).

Per quanto riguarda la prova di arresto di emergenza in assenza di acqua di raffreddamento dell'olio di lubrificazione dei cuscinetti, questa non è tecnicamente effettuabile, dal momento che il circuito

di raffreddamento è stato realizzato mediante uno scambiatore olio/aria, che entra in funzione solo al raggiungimento di una soglia di temperatura dell'olio e si stacca al raggiungimento della soglia preimpostata; in ogni caso, le temperature dei cuscinetti durante le prove di stacco di carico non hanno mostrato significativi incrementi, anche a raffreddamento non in funzione, ragion per cui non si ritiene di procedere oltre nelle verifiche.

Anche il controllo dell'isolamento del supporto non è tecnicamente realizzabile in quanto, per motivi costruttivi, tale supporto è rigidamente collegato alla carcassa del generatore, che è messa a terra.

Le seguenti prove:

- misura delle perdite di carico nella valvola a farfalla;
- rilievo dei livelli di pressione acustica;
- verifica del corretto funzionamento alla portata minima prevista;
- controllo dell'equilibratura dinamica del gruppo (a freddo e a caldo) fino alla velocità transitoria massima, per brusco distacco di carico;
- rilievo delle caratteristiche di funzionamento:
  - potenza massima resa;
  - potenza di magnetizzazione;
  - potenza di corto circuito.

non sono state eseguite per le seguenti motivazioni:

- per quanto riguarda la misura delle perdite di carico nella valvola di macchina, la strumentazione installata non ne consente un rilievo diretto; come si dirà in seguito, tale verifica potrà essere svolta in occasione delle successive prove di rendimento, anche se, trattandosi di valvole commerciali, può essere sufficiente fare riferimento ai dati forniti dal costruttore;
- per quanto riguarda il rilievo dei livelli di pressione acustica, il personale dell'impresa, pur dotato di strumentazione, non è stato in grado di farla funzionare correttamente; in ogni caso, tale rilievo dovrà essere condotto in occasione delle successive prove di rendimento e di potenza (vedi anche punti seguenti) quando la macchina sarà a piena potenza e dunque il livello di pressione sarà presumibilmente al suo massimo;
- la verifica del corretto funzionamento alla portata minima prevista (così come le prove sul rendimento e sulla potenza erogata a piena apertura nella centrale di Simbirizzi) è da svolgersi previo accordo con l'esercente degli impianti di potabilizzazione, dal momento che l'effettuazione di tali prove comporta la modifica della portata erogata a tali impianti;
- per quanto riguarda il controllo dell'equilibratura dinamica il personale dell'Impresa non risultava attrezzato;
- per quanto riguarda il rilievo delle caratteristiche di funzionamento, il personale dell'Impresa non risultava attrezzato. Si segnala peraltro che:
  - il rilievo della potenza massima resa è operazione da effettuare in accordo con l'esercente degli impianti di potabilizzazione per gli stessi motivi sopra esposti (modifica della portata erogata);
  - il rilievo della potenza di magnetizzazione è ricostruibile con i dati dell'eccitatrice riscontrabili sul supervisore; l'Impresa dovrà peraltro attrezzarsi al fine di produrre il valore della grandezza richiesta;
  - il valore della potenza di corto-circuito è desumibile dal report dei test effettuati in fabbrica, ove è riportato il valore della corrente di CC.

Nel seguito si descrivono in dettaglio le prove effettuate e gli esiti riscontrati.

## 2 CENTRALE DI SIMBIRIZZI

Il giorno 07 Novembre, dalle ore 8:30, presso la centrale di Simbirizzi, si è proceduto all'esecuzione delle seguenti prove:

- verifica dei tempi di manovra degli organi;
- manovra sotto flusso della valvola di intercettazione;
- stacchi di carico con misura della sovravelocità;
- arresto controllato del gruppo;
- misura delle vibrazioni;
- verifica della velocità di fuga;
- verifica della assenza di perdite e trasudamenti di olio dagli apparati e dalle tubazioni comprese nella fornitura;
- prima valutazione dei rendimenti.

### 2.1 VERIFICA DEI TEMPI DI MANOVRA DEGLI ORGANI

I tempi di manovra rilevati sono stati i seguenti:

Organo	Apertura [s]	Chiusura [s]
Valvola di macchina	18	70
Distributore	60	50 (*)
Scarico sincrono	30	70

(\*) per distacco di carico

I valori sono accettabili in relazione alle caratteristiche dell'impianto, soprattutto in corrispondenza dei transitori di funzionamento, tenuto conto della necessità di trovare un equilibrio tra le opposte esigenze di limitazione delle sovrappressioni indotte e della sovravelocità.

### 2.2 MANOVRA SOTTOFLUSSO DELLA VALVOLA DI MACCHINA

La manovra è stata effettuata in occasione degli stacchi di carico; non si segnalano particolari problemi.

La Direzione Lavori si riserva di richiedere la ripetizione di tale manovra a distributore bloccato.

### 2.3 STACCHI DI CARICO

Premesso che tali prove sono già state eseguite in altre occasioni (30/05/2007), sempre con esito positivo, tale prova è stata ripetuta anche in questa occasione, con una portata in transito pari a circa 1,2 m<sup>3</sup>/s circa.

Si allega il grafico delle grandezze registrate (fig. 1), dalle quali si rileva che:

- la sovrappressione è stata assolutamente contenuta, risultando pari a 7,80 bar (inferiore al carico statico di 83,05 m);
- la sovravelocità del gruppo è stata contenuta entro un livello del tutto accettabile (131% della velocità nominale).

Si fa presente, peraltro, che prove di stacco a potenze maggiori rispetto a quella attuale si potranno effettuare in occasione delle previste prove di rendimento, dal momento che occorre variare la portata erogata al potabilizzatore.



## 2.4 ARRESTO CONTROLLATO DEL GRUPPO

Dal punto di vista delle sovrapressioni generate, questa manovra risulta più critica rispetto agli stacchi di carico: occorre infatti considerare che:

- la macchina, prima di distaccarsi dalla rete, deve portarsi al minimo tecnico; contemporaneamente, si deve iniziare la manovra di apertura dello scarico sincrono;
- il tempo di apertura dello scarico sincrono non è regolabile ed è stato tarato in relazione al tempo di chiusura del distributore al fine di ottimizzare le sovrapressioni per stacco;
- tale configurazione, come risulta dai grafici allegati (figg. 2a e 2b) produce dapprima un abbassamento della pressione, dovuto all'apertura del sincrono; contemporaneamente, si chiude il distributore. Durante tale manovra, più lunga rispetto a quella del sincrono, la pressione risale fino ad un valore di 9,53 bar (114,75% del carico statico, comunque contenuto entro il limite del 120% richiesto a capitolato);
- quando il gruppo è giunto al minimo tecnico, prima del distacco, su richiesta della DL è stato inserito un tempo di attesa onde consentire una seppur limitata stabilizzazione della pressione (questa configurazione, al momento, non è ancora implementata a Simbirizzi - si veda comunque l'analogo punto relativo alla centrale di S. Lorenzo);
- al termine del tempo di attesa avviene lo sgancio dal parallelo con l'apertura dell'interruttore di macchina; in questa occasione, il distributore chiude velocemente e si genera un'ulteriore sovrapressione (attualmente, senza tempo di attesa, pari a 9,56 bar, vedi fig. 2c).

Per ridurre la sovrapressione generata, teoricamente si potrebbe agire in due modi opposti:

- ridurre il tempo di manovra del distributore onde farlo coincidere, grosso modo, con quello che si verifica per stacco di carico, ovvero
- aumentare il tempo di manovra per contenere il più possibile la sovrapressione.

La prima modalità non è purtroppo praticabile perché, dovendo la macchina rimanere in parallelo, l'eccitatrice non riesce a reagire a importanti variazioni di carico nell'arco di brevissimo tempo (tale caratteristica non è peraltro un difetto dell'eccitatrice, soprattutto nel caso di un'eccitazione di tipo brushless come quella installato, che ha tempi di reazione più lunghi rispetto a quelli di un'eccitazione statica). E' giocoforza, quindi, agire in senso opposto, riducendo il gradiente di velocità di chiusura del distributore, come in effetti è stato fatto, su richiesta della DL in occasione delle prove svoltesi il 11/10/2007 presso l'impianto di S. Lorenzo (vedi figg. 6a÷6d) e ripetute in questa occasione presso l'impianto di Simbirizzi (cfr figg. 2a e 2b).

Come su accennato, sempre su richiesta della DL nella stessa occasione, è stato inserito un tempo di attesa prima dello sgancio, onde contenere il più possibile la successiva sovrapressione. Tale intervento è per ora attivo solo sull'impianto di S. Lorenzo (vedi fig 6e), in attesa che venga configurato il software anche per l'impianto di Simbirizzi.

Ulteriori riduzioni della sovrapressione potranno ottenersi con un ulteriore decremento del gradiente di chiusura del distributore e/o del tempo di permanenza al minimo tecnico prima dello sgancio dell'interruttore di macchina, anche se così facendo i tempi di arresto del gruppo si allungheranno.

Ad ulteriore garanzia, si potrebbe verificare la possibilità/opportunità di comandare la chiusura dello scarico sincrono a gradini, in modo da equilibrare i tempi di manovra del sincrono e del distributore senza alterare la regolazione della velocità di chiusura del sincrono (tarata, come anzidetto, in relazione al tempo di chiusura del distributore al fine di ottimizzare le sovrapressioni per stacco): in un arresto controllato questa opzione potrebbe essere disponibile, mentre durante uno stacco, ovviamente, il sincrono reagirebbe esclusivamente in relazione alla velocità impostata.

Una modifica dei tempi di apertura del sincrono, viceversa, rischierebbe di provocare manovre troppo lunghe per parziali aperture del distributore e, soprattutto, causare maggiori sovrapressioni in

occasione di stacchi di carico; è perciò preferibile, per il momento, mantenere l'impostazione attuale, salvo verifiche da effettuarsi per stacchi di carico alla massima potenza.

A parere della scrivente DL, occorrerà procedere ad una valutazione delle sovrappressioni anche in occasione del transito della massima portata; in questo caso, i maggiori valori si potranno ottenere su un impianto in corrispondenza del fermo dell'altro.

Anche al termine delle manovre di avviamento del gruppo (vedi fig. 3), al momento della completa chiusura del sincrono si genera una sovrappressione, comunque contenuta entro 9,2 bar (inferiore al 120% del carico statico); anche qui, comunque, si potrà rallentare ulteriormente la chiusura del sincrono onde limitarne in qualche misura l'effetto sulle sovrappressioni.

In conclusione, per il momento le procedure di avviamento e arresto possono essere considerate soddisfacenti, in relazione alle portate in afflusso del periodo attuale, riservandosi la possibilità per la Direzione Lavori di verificare l'andamento delle sovrappressioni in occasione di successive prove alla massima portata e per l'Ente, durante l'esercizio provvisorio, di modificare i parametri del gradiente di chiusura del distributore e del tempo di permanenza al minimo tecnico.

## **2.5 MISURA DELLE VIBRAZIONI**

Si segnala che l'impresa era dotata di un solo strumento atto alla captazione delle vibrazioni; le prove previste erano anche da condursi contemporaneamente sui tre assi di ogni supporto in occasione degli stacchi di carico. La misura delle vibrazioni è stata perciò eseguita in tempi successivi e solo sul cuscinetto anteriore, dal momento che quello posteriore risultava chiuso all'interno della gabbia di protezione del volano.

Lo strumento utilizzato era un vibropen SKF mod. CMVP50.

I valori rilevati sul cuscinetto anteriore sono stati i seguenti:

- verticale 2,5 mm/s
- orizzontale 2,5 mm/s
- assiale 0,8 mm/s

I valori delle grandezze allo stacco erano i seguenti:

- Q 1,14 m<sup>3</sup>/s
- H 7,3 bar
- P 695 kW circa
- ΔV 131% circa

Nelle successive prove verranno misurate le vibrazioni di entrambi i supporti nel campo di funzionamento garantito (cioè tra 0,8 e 2 m<sup>3</sup>/s) ed in condizioni di regime permanente, tenuto conto che le richieste del Capitolato richiedono un valore efficace non superiore a 1,8 mm/s (UNI ISO 10816-1, classe III zona A). I valori rilevati in occasione di questo stacco di carico, comunque, appaiono soddisfacenti (rapportati alle condizioni di regime permanente, equivarrebbero alla zona B della classe III - limite 4,5 mm/s -, corrispondente ad un'accettabilità per un servizio di lunga durata senza restrizioni).

## **2.6 VERIFICA DELLA VELOCITÀ DI FUGA PERMANENTE**

In accordo con l'impresa, si è svolta una prova volta alla determinazione della velocità di fuga permanente, facendo funzionare la macchina disconnessa dalla rete e aumentando gradatamente l'apertura del distributore, operando in modalità manuale.

La massima sovravelocità verificata (vedi fig. 4) è stata pari al 165% circa con apertura del distributore pari al 65% circa. In seguito, per un errore di manovra, l'apertura del distributore veniva ridotta e successivamente riaumentata; tale manovra risultava, peraltro, molto veloce, causando un abbassamento della pressione in condotta e quindi una decelerazione del gruppo. A causa delle sollecitazioni riscontrate nel corso della prova, si è deciso di interrompere le operazioni.

In ogni caso, per macchine regolabili con lunghi tempi di manovra, come in questo caso, la velocità di fuga permanente viene generalmente superata durante il transitorio conseguente a distacchi di carico (CEI EN 60041 7.1.2); perciò (stante anche la conformazione curva del condotto di scarico, causa di aggiuntive sollecitazioni sulla cassa spirale) non si ritiene necessario procedere con questo tipo di verifica.

## **2.7 VERIFICA SISTEMA OLEODINAMICO**

Non si sono verificate né perdite né significativi trasudamenti dal circuito oleodinamico.

## **2.8 PRIMA VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI**

A premessa della presente valutazione occorre porre in evidenza alcuni aspetti che influenzano in maniera significativa la determinazione del rendimento di turbina:

- assenza di una registrazione sincronizzata dei parametri di interesse (portata, pressione, potenza); le fluttuazioni istantanee dell'andamento di queste grandezze non consentono un preciso rilievo delle stesse;
- assenza di punti di misura strumentati a monte e a valle della turbina; questo implica la necessità di valutare sia il rendimento del generatore sia le perdite di carico della valvola di macchina e sul condotto di scarico.

Questi fattori influenzano in misura significativa, come è ovvio, la determinazione del rendimento, sicché la prima valutazione che qui si dà è necessariamente approssimata.

La misura di portata è stata rilevata mediante il trasduttore ad ultrasuoni GE Panametrics mod. AT868 installato da ENAS sulla condotta.

La misura della pressione a monte della valvola di macchina è stata rilevata mediante trasduttore con campo scala 0÷25 bar, la cui lettura è registrata nel supervisore.

La misura di potenza è stata rilevata dallo strumento installato sul quadro di comando del gruppo, con classe di precisione 0,5 (come richiesto dalle norme).

Per quanto riguarda la determinazione del rendimento del generatore, si dispone di due punti certi, verificati al collaudo in fabbrica, uno al 50% del carico ed uno al 100% del carico (precisamente 95,8% al 50% e 94,43% al 100% del carico).

Per quanto riguarda la determinazione delle perdite di carico si sono considerati i seguenti dati:

- per la valvola di macchina (DN 700), si sono utilizzati i dati del fornitore, che danno un coefficiente di perdita  $\xi$  pari a circa 0,4121;
- analogamente per la valvola a farfalla sullo scarico (DN 1600), con un coefficiente di perdita  $\xi$  pari a circa 0,3111;
- per il condotto di scarico (DN 800 lg 11,83 m e DN 1600 lg 6,7 m), si sono considerati tubi lisci; sul DN 800 sono presenti una curva a 90° ( $\xi = 0,17$ ), una curva a 39° ( $\xi = 0,08$ ) ed una curva a 50° ( $\xi = 0,10$ ); sul DN 1600, oltre la valvola, è presente una intersezione ( $\xi = 0,37$ ), oltre alle perdite allo sbocco ( $\xi = 1,00$ ). Tra il DN 800 ed il DN 1600 è presente un divergente con angolo solido di 11° ( $\xi = 0,20$ ).



Con questi dati si è costruita un'interpolazione polinomiale di 2° grado assommante tutte le perdite di carico.

L'accelerazione di gravità alla latitudine di Cagliari (39,2°) è pari a 9,80036 m/s<sup>2</sup> (da UNI 10242); provvisoriamente, non si è presa in considerazione la correzione dovuta all'altezza perché non significativa riferita al grado di precisione dei presenti calcoli.

Sono stati valutati due punti di funzionamento vicini a due dei punti di verifica previsti a Capitolato. Si riportano i dati ed i risultati ottenuti:

Q m <sup>3</sup> /s	H m	P kW	cosfi -	carico %	eta gen -	P turb kW	η % turb+ΔH	ΔH %	η turb %
1.15	73.35	695	0.99	0.439	0.950(*)	731.579	88.50	0.51	89.01
1.37	70.74	830	0.99	0.524	0.9573	866.983	91.28	0.75	92.03

(\*) valore stimato; valori inferiori del rendimento del generatore produrrebbero valori superiori del rendimento di turbina.

A titolo di confronto, si riportano i rendimenti previsti con analoghi valori di portata (già scontati di 1,5 punti percentuali a compensazione delle incertezza sulle misure):

Q m <sup>3</sup> /s	H m	η turb %
1.15	75.91	88.58
1.37	72.92	90.49

e quelli previsti nei punti contrattuali

Q m <sup>3</sup> /s	H m	η turb %
1.00	77.65	85.49
1.20	75.28	89.25
1.40	72.47	90.58

Si nota che il rendimento è decisamente superiore, tenendo conto che il carico previsto a progetto è superiore a quello riscontrato in opera (con la conseguenza che se si aumentasse il carico in opera, la potenza prodotta sarebbe maggiore e perciò, a parità di portata, anche il rendimento risulterebbe maggiore).

Anche senza le incertezze legate al calcolo delle perdite, come si può vedere, i valori sarebbero comparabili o superiori alle attese.

Come si ripete, tuttavia, le oscillazioni nei valori delle grandezze in gioco e la difficoltà di acquisirne i valori nello stesso istante rende il presente calcolo non del tutto affidabile.

Per ovviare alle incertezze legate al rendimento del generatore (soprattutto al di sotto del 50%, campo in cui non si ha a disposizione nessun dato) e delle perdite di carico idrauliche, in occasione delle prove da ripetersi al termine del periodo di avviamento, occorrerà strumentare la turbina con un trasduttore di pressione posto sulla cassa spirale (campo scala non superiore a 16 bar, meglio se 10) ed uno posto allo scarico della girante (campo scala 1 bar). In questo modo si riuscirà a registrare la caduta di pressione nella turbina e perciò risalire con migliore approssimazione all'energia ceduta dal fluido alla macchina.

Le misure di questi due trasduttori dovranno essere integrate (temporaneamente) nel supervisore, insieme a quella della potenza proveniente dal multimetro (attualmente affetta da errori di

comunicazione legate al software dello strumento) ed a quella di portata, il tutto su un'apposita pagina grafica, in modo da rendere immediatamente disponibili i dati necessari.

Strumentando in tal modo la turbina, si potrà anche essere in grado di valutare la perdita di carico della valvola di macchina (peraltro, il campo scala dei trasduttori installati a monte ed a valle della valvola dovrebbe essere il medesimo).

Occorrerà anche provvedere a variare la portata al nodo di S. Lorenzo in maniera da rendere i carichi reali il più simile possibile a quelli previsti nei punti di verifica.

### **3 CENTRALE DI S. LORENZO**

Il giorno 07 Novembre, alle ore 18:30, ed il giorno 08 Novembre, dalle ore 09:00, presso la centrale di S. Lorenzo, si è proceduto all'esecuzione delle seguenti prove:

- verifica dei tempi di manovra degli organi;
- manovra sotto flusso della valvola di intercettazione;
- stacchi di carico con misura della sovravelocità;
- arresto controllato del gruppo;
- misura delle vibrazioni;
- verifica della assenza di perdite e trasudamenti di olio dagli apparati e dalle tubazioni comprese nella fornitura;
- prima valutazione dei rendimenti;
- determinazione della potenza resa a piena apertura, secondo quanto richiesto dal Capitolato Speciale di Appalto parte I, art. 9.1.

#### **3.1 VERIFICA DEI TEMPI DI MANOVRA DEGLI ORGANI**

I tempi di manovra rilevati sono stati i seguenti:

Organo	Apertura [s]	Chiusura [s]
Valvola di macchina	15	42
Distributore	390	38 (*)
Scarico sincrono	17	80

(\*) per distacco di carico

I valori sono accettabili in relazione alle caratteristiche dell'impianto, soprattutto in corrispondenza dei transitori di funzionamento, tenuto conto della necessità di trovare un equilibrio tra le opposte esigenze di limitazione delle sovrappressioni indotte e della sovravelocità.

#### **3.2 MANOVRA SOTTOFLUSSO DELLA VALVOLA DI MACCHINA**

La manovra è stata effettuata in occasione degli stacchi di carico. Si segnala ancora qualche problema di chiusura dovuto ad un non corretto dimensionamento dei contrappesi.

La Direzione Lavori si riserva di richiedere la ripetizione di tale manovra a distributore bloccato.

#### **3.3 STACCHI DI CARICO**

Premesso che tali prove sono state eseguite in altre occasioni (10/10/2007), con esito positivo, tale prova è stata ripetuta anche in questa occasione.

Si allegano i grafici delle grandezze registrate (figg. 5a e 5b), dalle quali si rileva che:

- la massima sovrappressione ottenuta è stata contenuta all'interno del 120% prescritto a Capitolato, risultando pari a 13,3 bar (104,2% del carico statico) in occasione dello stacco del 07/11 alle ore 19:50 circa ( $Q=0,86 \text{ m}^3/\text{s}$  circa,  $H=117,5 \text{ m}$  circa,  $P=830 \text{ kW}$  circa), mentre in occasione dello stacco realizzato il giorno seguente alla massima portata ed a potenza superiore ( $Q=1,54 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $H=97,5 \text{ m}$  circa,  $P=1080 \text{ kW}$  circa) la sovrappressione è stata anche più contenuta (10,6 bar);
- la sovravelocità del gruppo è stata contenuta entro un livello del tutto accettabile (145% della velocità nominale in occasione del primo stacco e 156% in occasione del secondo stacco).

### 3.4 ARRESTO CONTROLLATO DEL GRUPPO

Valgono le stesse considerazioni espresse per la centrale di Simbirizzi.

Si riportano nelle figg. 6a, 6b, 6c e 6d le operazioni di taratura del distributore realizzate in data 11/10/2007 (in cui si è riusciti a passare da una sovrappressione massima pari a 16,406 bar ad una finale pari a 13,773 bar;  $Q=0,90 \text{ m}^3/\text{s}$  circa), ed in fig. 6e la prova di arresto realizzata in questa occasione ( $Q=0,86 \text{ m}^3/\text{s}$  circa), da cui si rileva una massima sovrappressione pari a 13,24 bar.

Anche in questo caso, a parere della scrivente DL, occorrerà procedere ad una valutazione delle sovrappressioni anche in occasione del transito della massima portata prevista; in questo caso, i maggiori valori si potranno ottenere su un impianto in corrispondenza del fermo dell'altro.

Anche al termine delle manovre di avviamento del gruppo, al momento della completa chiusura del sincrono si genera una sovrappressione comunque contenuta entro il 120% del carico statico (pari a 14,28 bar, vedi fig. 7); anche qui, comunque, si potrà rallentare ulteriormente la chiusura del sincrono onde limitarne in qualche misura l'effetto sulle sovrappressioni.

### 3.5 MISURA DELLE VIBRAZIONI

Si segnala che l'impresa era dotata di un solo strumento atto alla captazione delle vibrazioni; le prove erano da condursi contemporaneamente sui tre assi di ogni supporto in occasione degli stacchi di carico. La misura delle vibrazioni è stata perciò eseguita in tempi successivi e solo sul cuscinetto anteriore, dal momento che quello posteriore risultava chiuso all'interno della gabbia di protezione del volano.

Lo strumento utilizzato era un vibropen SKF mod. CMVP50.

I valori rilevati sul cuscinetto anteriore sono stati i seguenti:

- verticale 5,8 mm/s
- orizzontale 6,2 mm/s
- assiale 3,4 mm/s

I valori delle grandezze allo stacco erano i seguenti:

- $Q$  1,54  $\text{m}^3/\text{s}$
- $H$  9,43 bar
- $P$  1080 kW circa
- $\Delta V$  156% circa

Nelle successive prove verranno misurate le vibrazioni di entrambi i supporti nel campo di funzionamento garantito (cioè tra 0,48 e 1,2  $\text{m}^3/\text{s}$ ) ed in condizioni di regime permanente, tenuto conto che le richieste del Capitolato richiedono un valore efficace non superiore a 1,8 mm/s (UNI ISO 10816-1). I valori rilevati in occasione di questo stacco di carico, comunque, appaiono comunque soddisfacenti (rapportati alle condizioni di regime permanente, equivarrebbero alla zona C della classe III - limite 11,2 mm/s -, corrispondente ad un'accettabilità per un funzionamento per periodo limitato), tenuto presente che lo stacco è avvenuto a quasi piena potenza.



### 3.6 VERIFICA DELLA VELOCITÀ DI FUGA PERMANENTE

Per le stesse considerazioni esposte nell'analogo punto relativo alla centrale di Simbirizzi, non si è ritenuto opportuno svolgere una prova volta alla determinazione della velocità di fuga permanente.

### 3.7 VERIFICA SISTEMA OLEODINAMICO

Non si sono verificate né perdite né significativi trasudamenti dal circuito oleodinamico.

### 3.8 PRIMA VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI

Per quanto riguarda la valutazione dei rendimenti, valgono le stesse premesse esposte nell'analogo punto relativo alla centrale di Simbirizzi.

La misura di portata è stata rilevata mediante il trasduttore ad ultrasuoni GE Panametrics mod. AT868 installato da ENAS sulla condotta.

La misura della pressione a monte della valvola di macchina è stata rilevata mediante trasduttore con campo scala 0÷25 bar, la cui lettura è registrata nel supervisore.

La misura di potenza è stata rilevata dallo strumento installato sul quadro di comando del gruppo, con classe di precisione 0,5 (come richiesto dalle norme).

Per quanto riguarda la determinazione del rendimento del generatore, si dispone di due punti certi, verificati al collaudo in fabbrica, uno al 50% del carico ed uno al 100% del carico (precisamente 95,2% al 50% e 94,3% al 100% del carico).

Per quanto riguarda la determinazione delle perdite di carico si sono considerati i seguenti dati:

- per la valvola di macchina (DN 600), si sono utilizzati i dati del fornitore, che danno un coefficiente di perdita  $\xi$  pari a circa 0,4944;
- analogamente per la valvola a farfalla sullo scarico (DN 1000), con un coefficiente di perdita  $\xi$  pari a circa 0,3815;
- per il condotto di scarico (DN 1000 lg 3,18 m), si sono considerati tubi lisci; sul DN 1000 sono presenti le perdite allo sbocco ( $\xi = 1,00$ ). Tra lo scarico della turbina ed il DN 1000 è presente un divergente con angolo solido di  $7^\circ$  ( $\xi = 0,13$ ).

Con questi dati si è costruita un'interpolazione polinomiale di 2° grado assommante tutte le perdite di carico.

L'accelerazione di gravità alla latitudine di Cagliari ( $39,2^\circ$ ) è pari a  $9,80036 \text{ m/s}^2$  (da UNI 10242); provvisoriamente, non si è presa in considerazione la correzione dovuta all'altezza perché non significativa riferita al grado di precisione dei presenti calcoli.

Sono stati valutati tre punti di funzionamento, di cui due vicini ad uno dei due punti di verifica previsti a Capitolato.

Si riportano i dati ed i risultati ottenuti:

Q m <sup>3</sup> /s	H m	P kW	cos $\phi$ -	carico %	$\eta$ gen -	P turb kW	$\eta$ % turb+ $\Delta H$	$\Delta H$ %	$\eta$ turb %
0.882	114.8	858	0.99	0.578	0.9506	902.588	90.96	0.33	91.29
1.25	104.0	1080	0.99	0.727	0.9479	1139.35	89.43	0.73	90.16

A titolo di confronto, si riportano i rendimenti previsti con analoghi valori di portata (già scontati di 1,5 punti percentuali a compensazione delle incertezze sulle misure)

Q m³/s	H m	η turb %
0.88	115.70	89.97
1.25	103.67	86.51

e quelli previsti nei punti contrattuali

Q m³/s	H m	η turb %
0.72	119.68	88.40
0.84	116.81	89.80

Si nota che il rendimento è superiore a quello previsto, tenendo conto che il carico previsto a progetto è superiore a quello riscontrato in opera (con la conseguenza che se si aumentasse il carico in opera, la potenza prodotta sarebbe maggiore e perciò, a parità di portata, anche il rendimento risulterebbe maggiore).

Anche senza le incertezze legate al calcolo delle perdite, come si può vedere, i valori sarebbero comparabili o superiori alle attese.

Come si ripete, tuttavia, le oscillazioni nei valori delle grandezze in gioco e la difficoltà di acquisirne i valori nello stesso istante rende il presente calcolo non del tutto affidabile.

Valgono anche in questo caso tutte le indicazioni riportate nell'analogo punto relativo alla centrale di Simbirizzi.

Occorrerà anche qui provvedere a variare la portata al nodo di Simbirizzi in maniera da rendere i carichi reali il più simile possibile a quelli previsti nei punti di verifica contrattuali.

### 3.9 VERIFICA DELLA POTENZA RESA A PIENA APERTURA

Dal momento che è stato possibile, idraulicamente, aumentare la portata transitante attraverso la centrale, si è provveduto ad eseguire la prova di potenza resa a piena apertura, secondo quanto richiesto dal Capitolato Speciale di Appalto parte I, art. 9.1.

La prova consisteva del determinare il valore della potenza erogata con distributore a piena apertura e confrontarlo con il valore minimo prescritto a Capitolato espresso in funzione del carico.

I dati rilevati sono stati i seguenti:

Q	1,54 m³/s
H	9,43 bar
P	1080 kW

La potenza minima prevista doveva essere calcolata con la seguente formula

$$P = -0.04603 * H^2 + 20.98949 * H - 622.319$$

perciò, con H pari a 94,3 m, il valore minimo di P prescritto doveva essere pari a 967,64 kW. La massima potenza registrata è quindi superiore di oltre il 10% rispetto a quella prescritta.

#### 4 CONCLUSIONI

Si ritiene che le prove eseguite abbiamo fornito risultati soddisfacenti.

Onde peraltro dichiarare concluse le prove di funzionamento, come previste ai punti 8.3.3 e 8.4.3 del Capitolato Speciale di Appalto parte II specificazione delle prescrizioni tecniche installazioni elettromeccaniche, l'Impresa dovrà attivarsi per l'esecuzione delle seguenti restanti prove:

- rilievo dei livelli di pressione acustica (in regime di funzionamento attuale).

Si ritiene che le restanti verifiche:

- rilievo dei livelli di pressione acustica alla massima potenza;
- misura delle vibrazioni su entrambi i cuscinetti;
- controllo dell'equilibratura dinamica del gruppo fino alla velocità transitoria massima, per brusco distacco di carico;
- rilievo delle caratteristiche di funzionamento:
  - potenza di magnetizzazione.

possano essere effettuate in occasione delle prove da effettuare al termine del periodo di avviamento (rif. art. 27 dell'Annesso Disposizioni Amministrative al Contratto di Appalto).

In tale occasione, previi accordi con ENAS, dovranno essere eseguite le verifiche con i seguenti assetti impiantistici:

Prove da condurre a Simbirizzi e contemporaneo regime da tenersi a S. Lorenzo

	<b>Simbirizzi</b>	<b>S. Lorenzo</b>
Stacchi di carico	$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ e oltre	$Q = 0$
Arresti controllati	$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 0$
Potenza erogata a piena apertura	$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ e oltre	$Q = 0$
Rendimenti	$Q=1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , $H=77,66 \text{ m}$ $Q=1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , $H=75,29 \text{ m}$ $Q=1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , $H=72,48 \text{ m}$	Q modulate per ottenere i salti previsti a Simbirizzi
funzionamento alla portata minima	$Q = 0,80 \text{ m}^3/\text{s}$	Q max

Prove da condurre a S. Lorenzo e contemporaneo regime da tenersi a Simbirizzi

	<b>S. Lorenzo</b>	<b>Simbirizzi</b>
Stacchi di carico	$Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ e oltre (effettuata per $1,54 \text{ m}^3/\text{s}$ )	$Q = 0$
Arresti controllati	$Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 0$
Potenza erogata a piena apertura	$Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ e oltre	$Q = 0$
Rendimenti	$Q=0,72 \text{ m}^3/\text{s}$ , $H=119,69 \text{ m}$ $Q=0,84 \text{ m}^3/\text{s}$ , $H=116,83 \text{ m}$	Q modulate per ottenere i salti previsti a S. Lorenzo
funzionamento alla portata minima	$Q = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$	Q max

La manovra sotto flusso della valvola di macchina dovrà essere eseguita in occasione della prova di stacco alla max potenza con distributore bloccato.

L'Impresa dovrà quindi:

- strumentare la turbina con un trasduttore di pressione posto sulla cassa spirale (campo scala non superiore a 16 bar per Simbirizzi, a 25 bar per S. Lorenzo) ed uno posto allo scarico della girante (campo scala 1 bar per entrambi gli impianti);



- integrare le misure di potenza, portata, pressione come anzidetto descritto all'interno di apposita pagina grafica del supervisore. La misura di potenza acquisita nel supervisore dovrà essere conforme a quella fornita dallo strumento su quadro di comando e perciò dovranno essere risolti i problemi software attualmente esistenti;
- adeguare il software di gestione dei gruppi inserendo il tempo di attesa al minimo tecnico (durante gli arresti controllati) come parametro liberamente configurabile;
- verificare la possibilità di comandare, durante gli arresti controllati, la chiusura a gradini dello scarico sincrono, in modo da equilibrare i tempi di manovra del sincrono e del distributore senza alterare la regolazione della velocità di chiusura del sincrono;
- rallentare ulteriormente la chiusura del sincrono onde limitare gli effetti di sovrappressione.

In allegato si riportano i grafici delle principali grandezze registrate durante le prove.

Cagliari, 15 novembre 2007

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Stefano Calvo', is written to the right of the stamp.

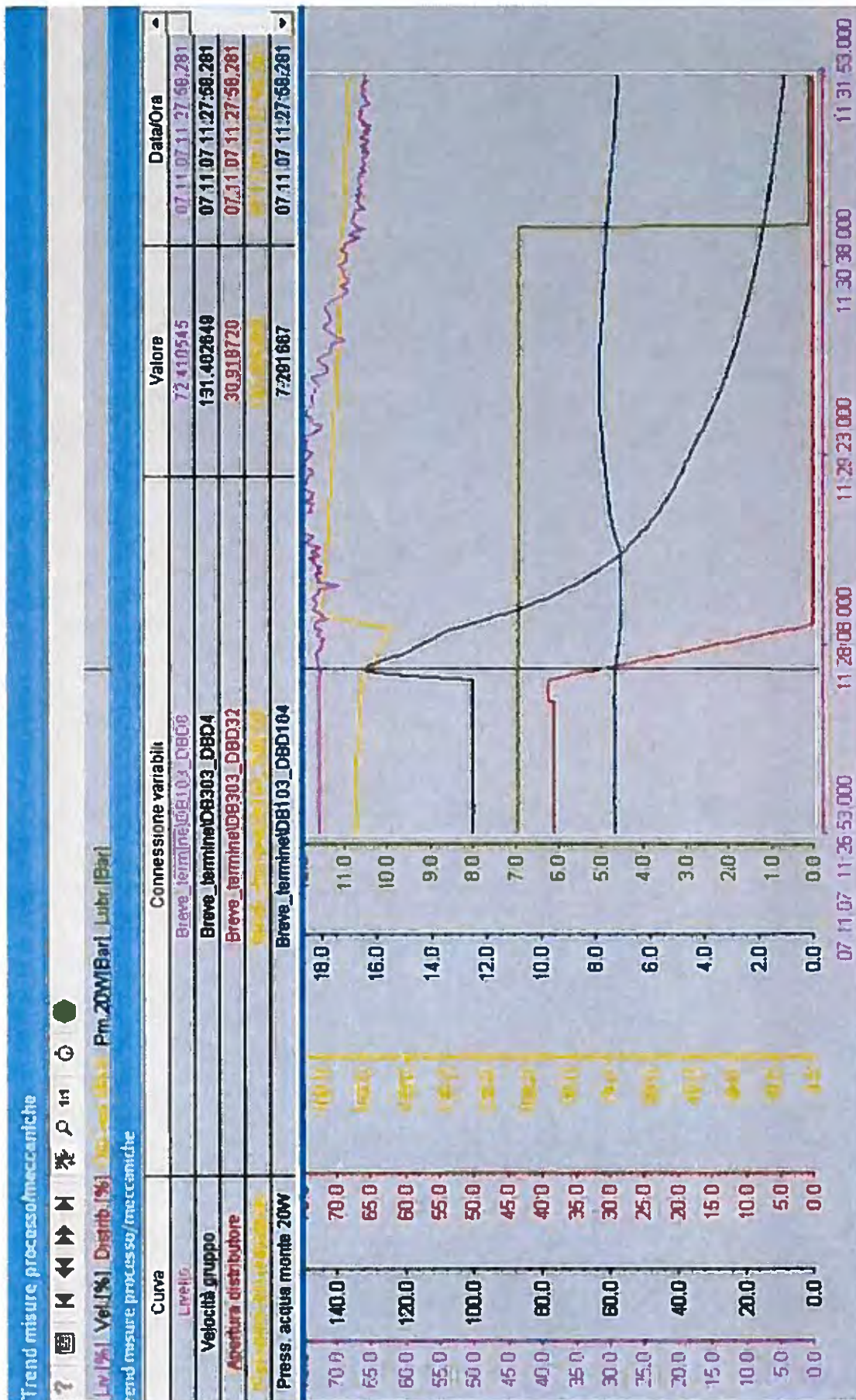


Fig. 1 - Centrale di Simbirizzi - Prova di stacco di carico con  $Q=1,2 \text{ m}^3/\text{s}$  circa



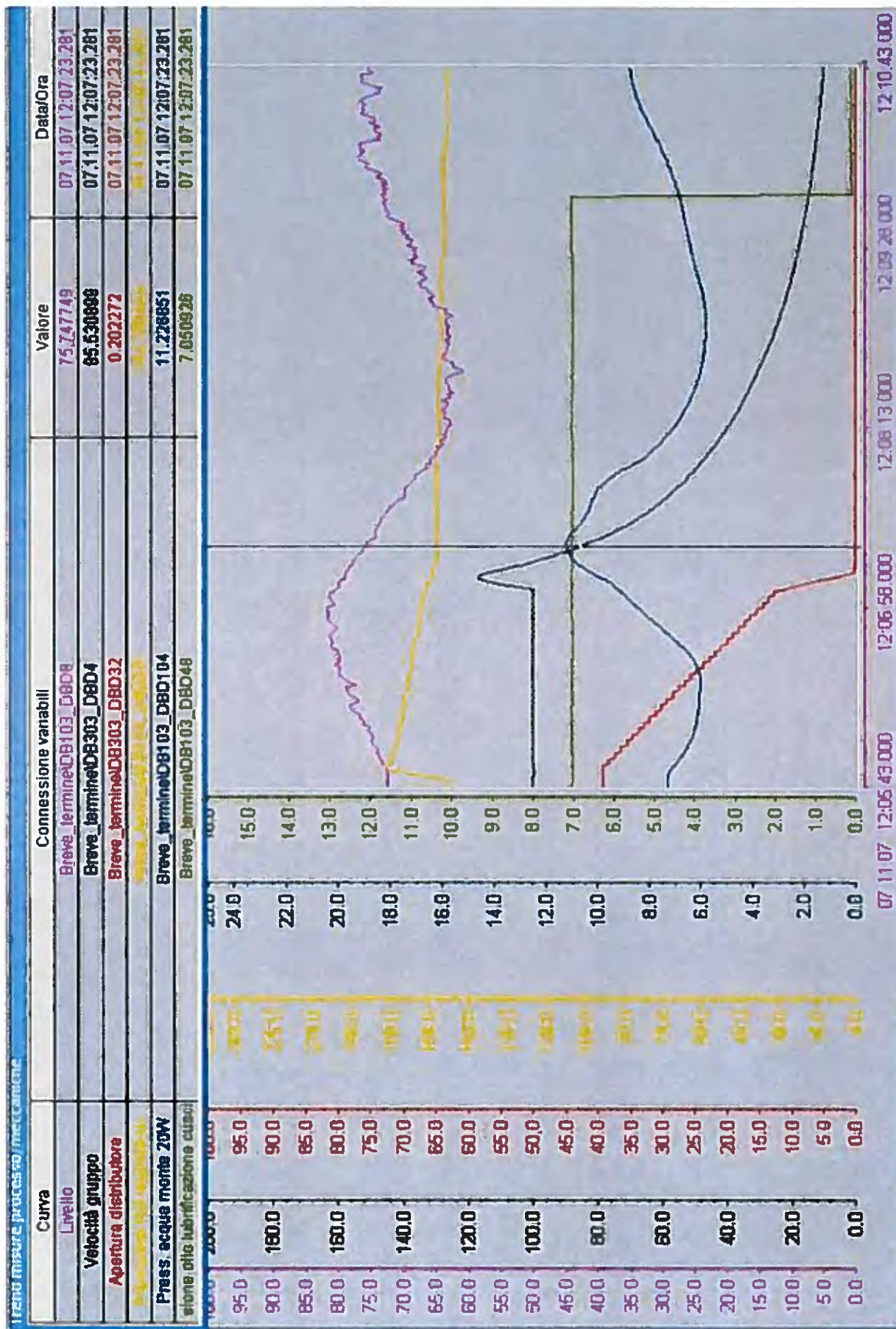


Fig. 2a - Centrale di Simbirizzi - Arresto controllato prima della riduzione del gradiente di chiusura distributore



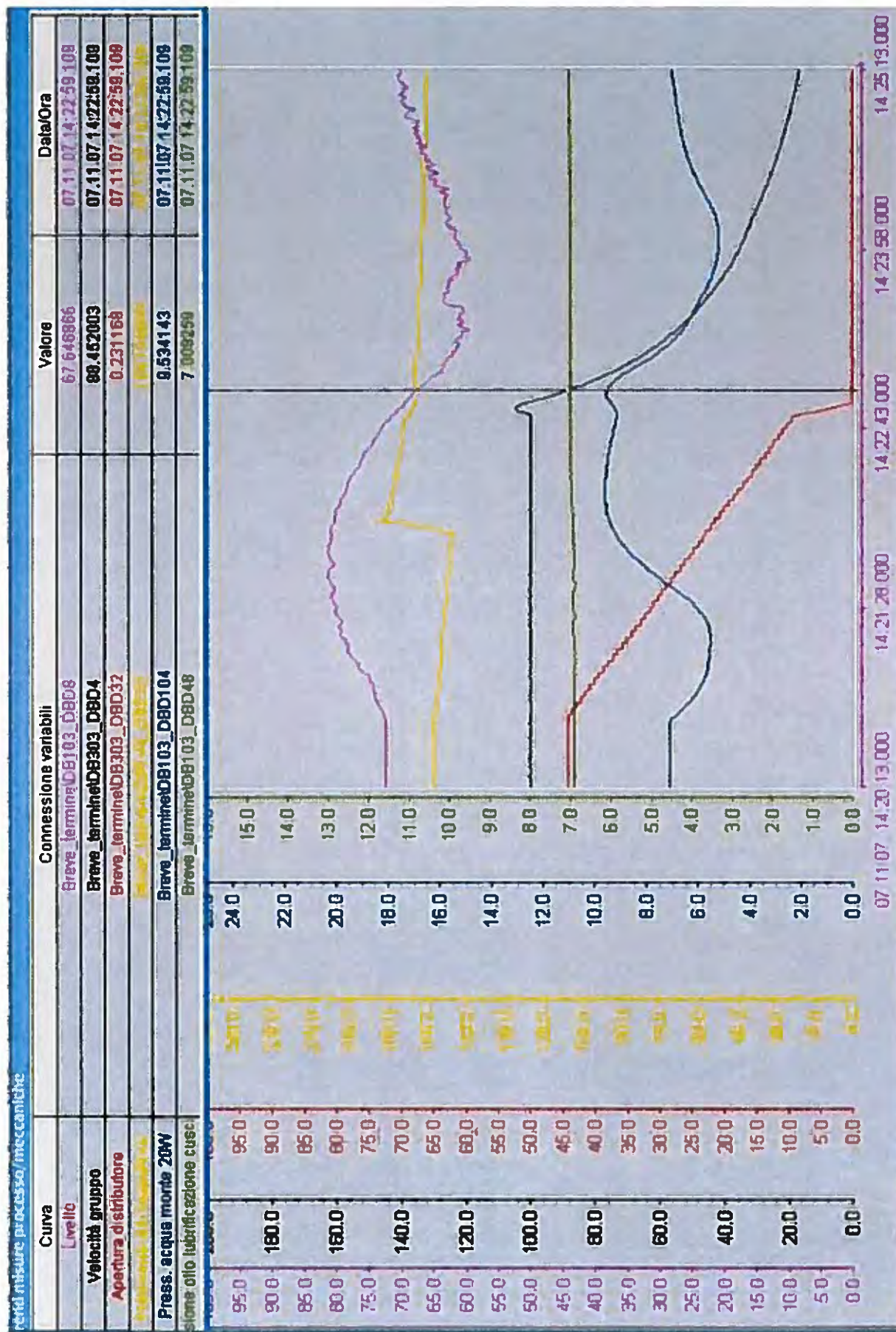


Fig. 2b - Centrale di Simbirizzi - Arresto controllato dopo la riduzione del gradiente di chiusura distributore



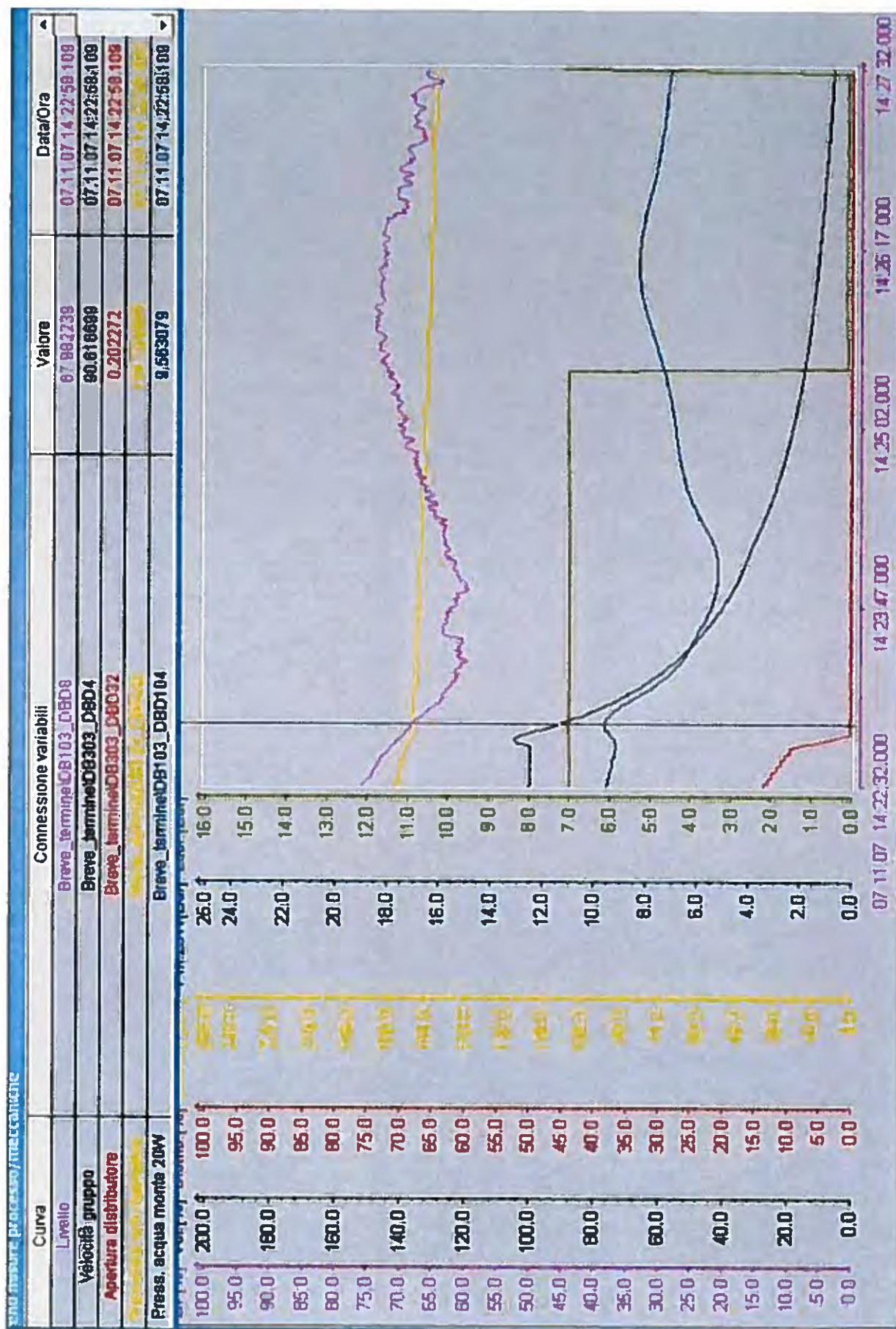


Fig. 2c - Centrale di Simbirizzi - Arresto controllato dopo la riduzione del gradiente di chiusura distributore - Transitorio finale allo stacco



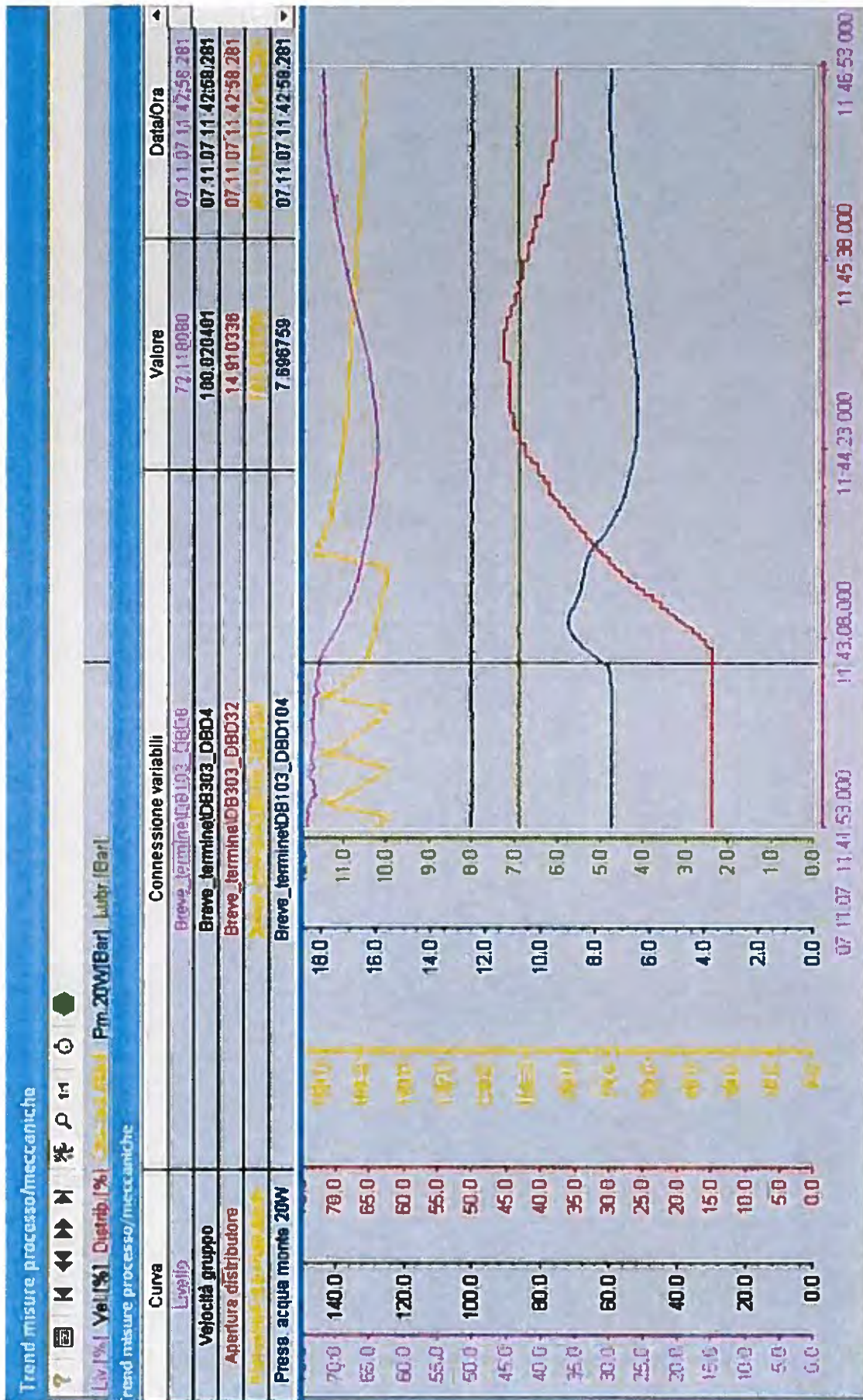


Fig. 3 - Centrale di Simbirizzi - Chiusura della valvola di scarico sincrono



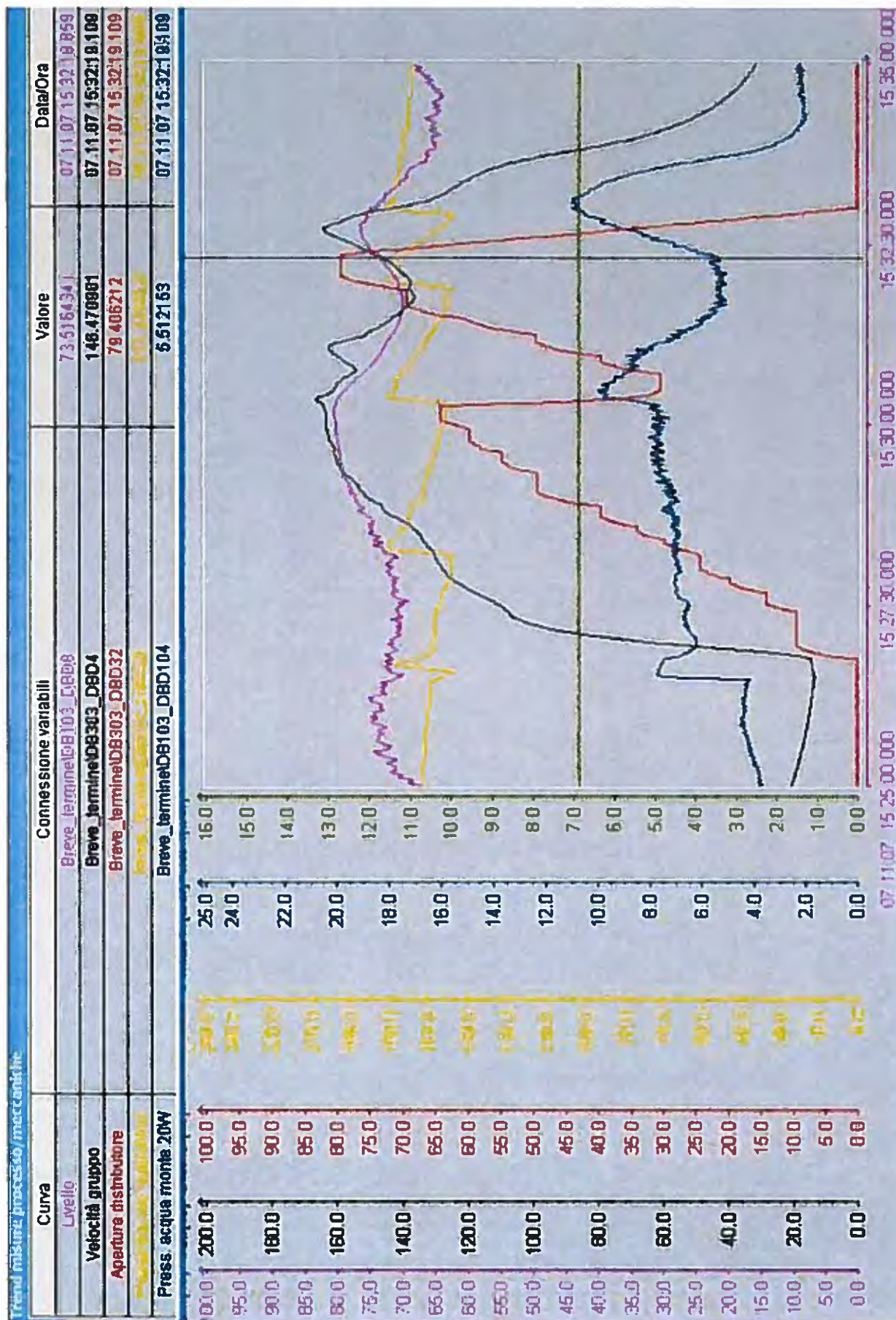


Fig. 4 - Centrale di Simbirizzi - Velocità di fuga permanente



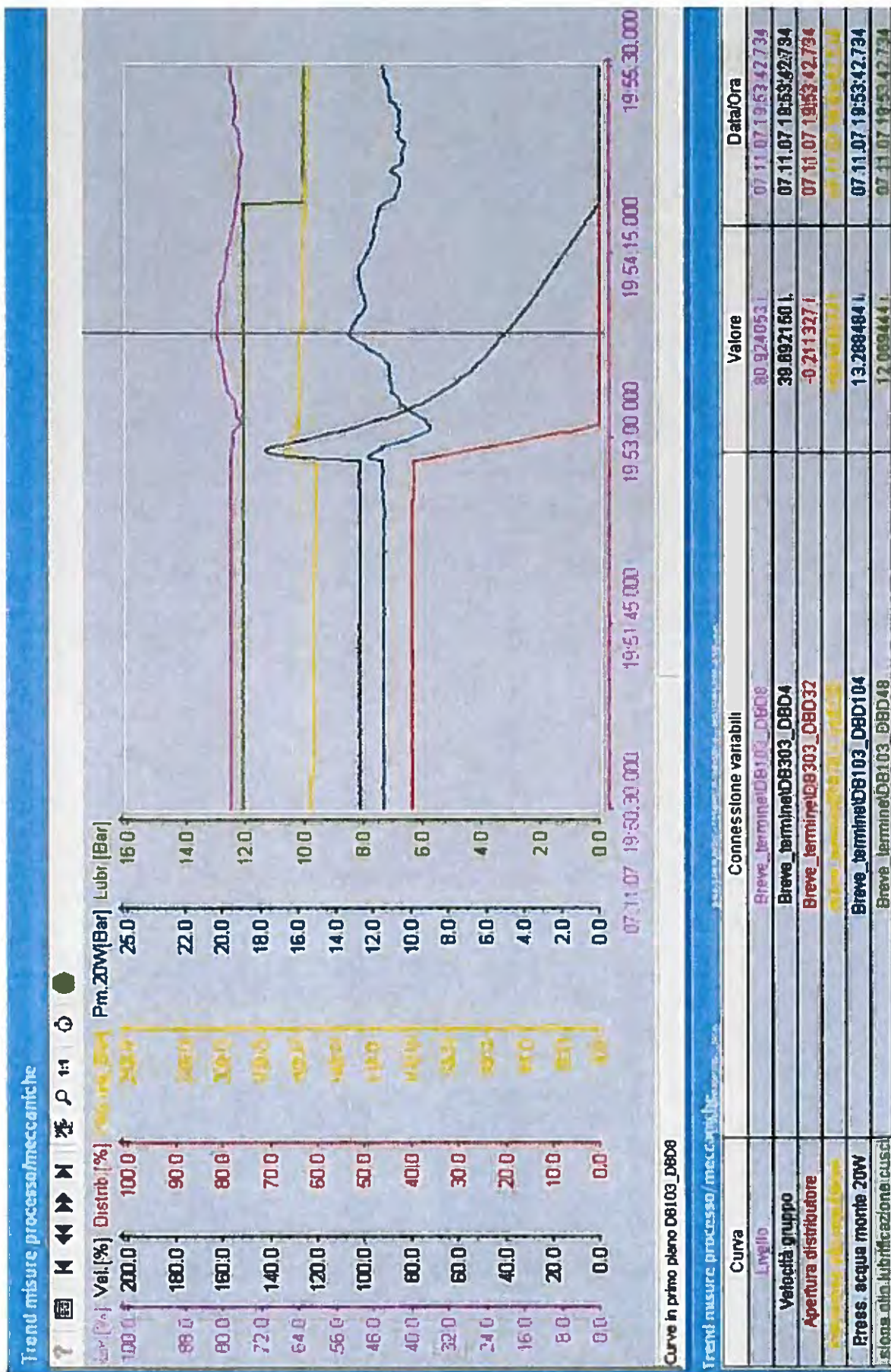


Fig. 5a - Centrale di S. Lorenzo - Stacco di carico 1 (P=830 kW, Q=0,86 m³/s)



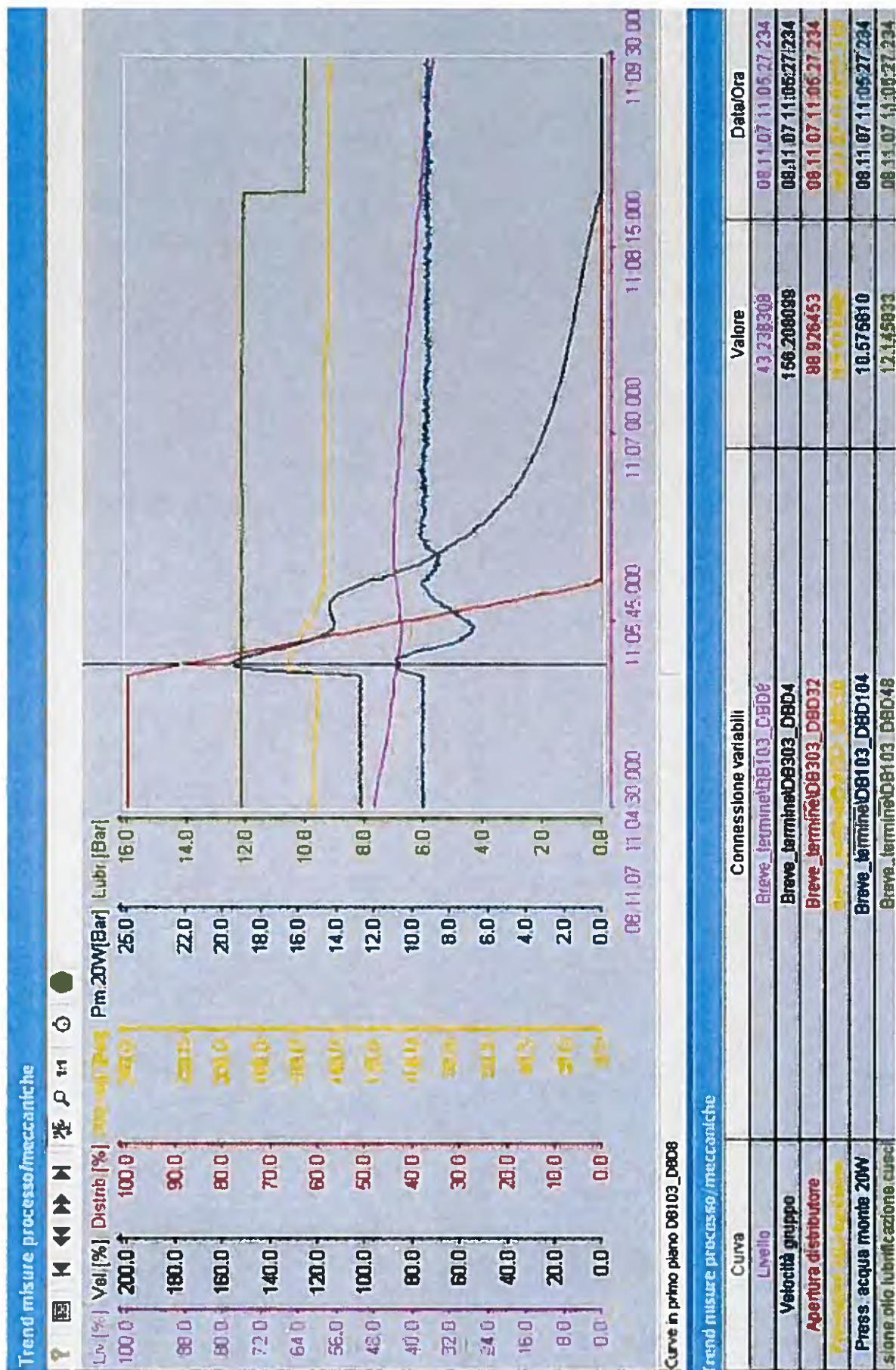


Fig. 5b - Centrale di S. Lorenzo - Stacco di carico 2 (P=1080 kW, Q=1,54 m<sup>3</sup>/s)



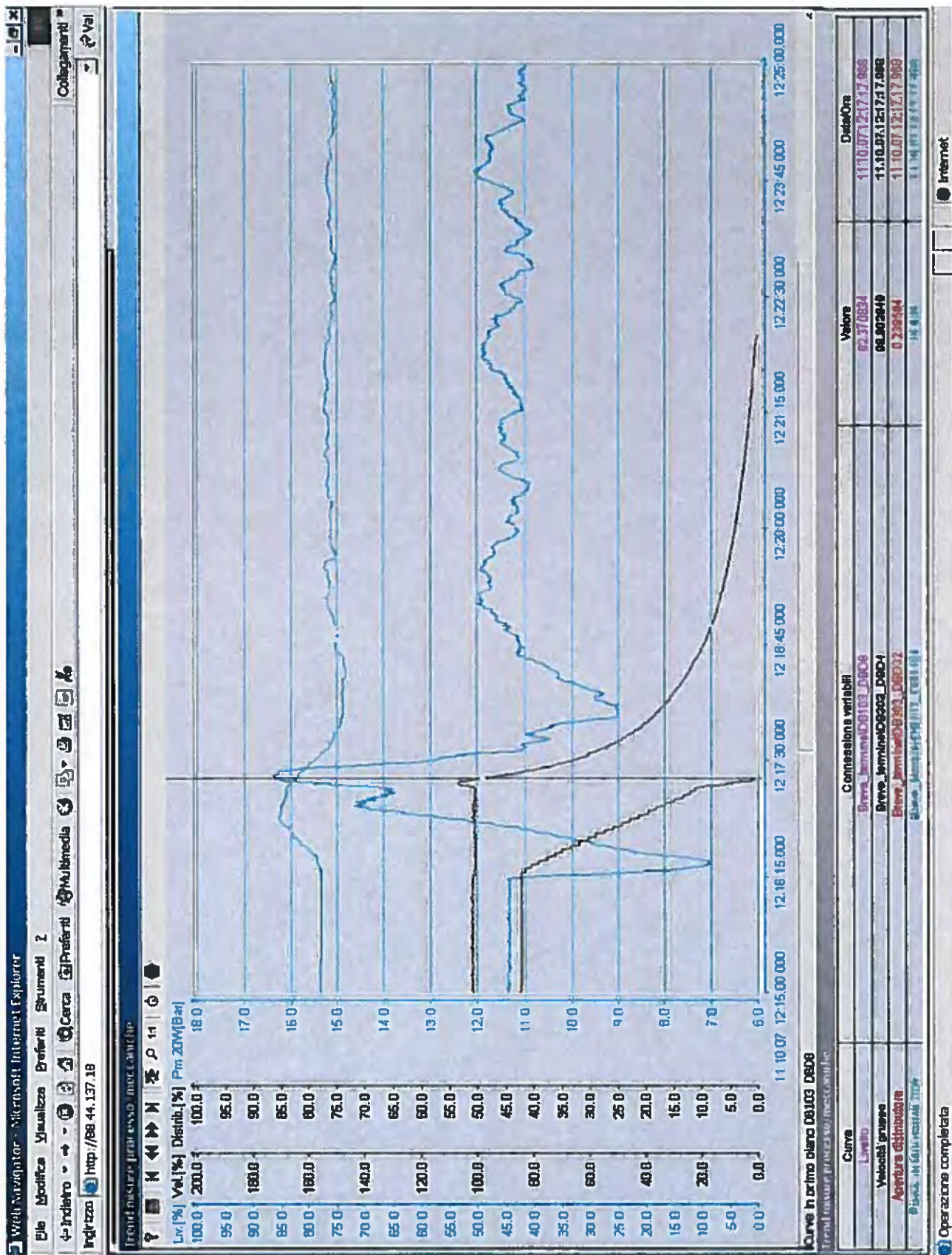


Fig. 6a - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 1 del 11/10/2007 ( $Q=0,90 \text{ m}^3/\text{s}$ )







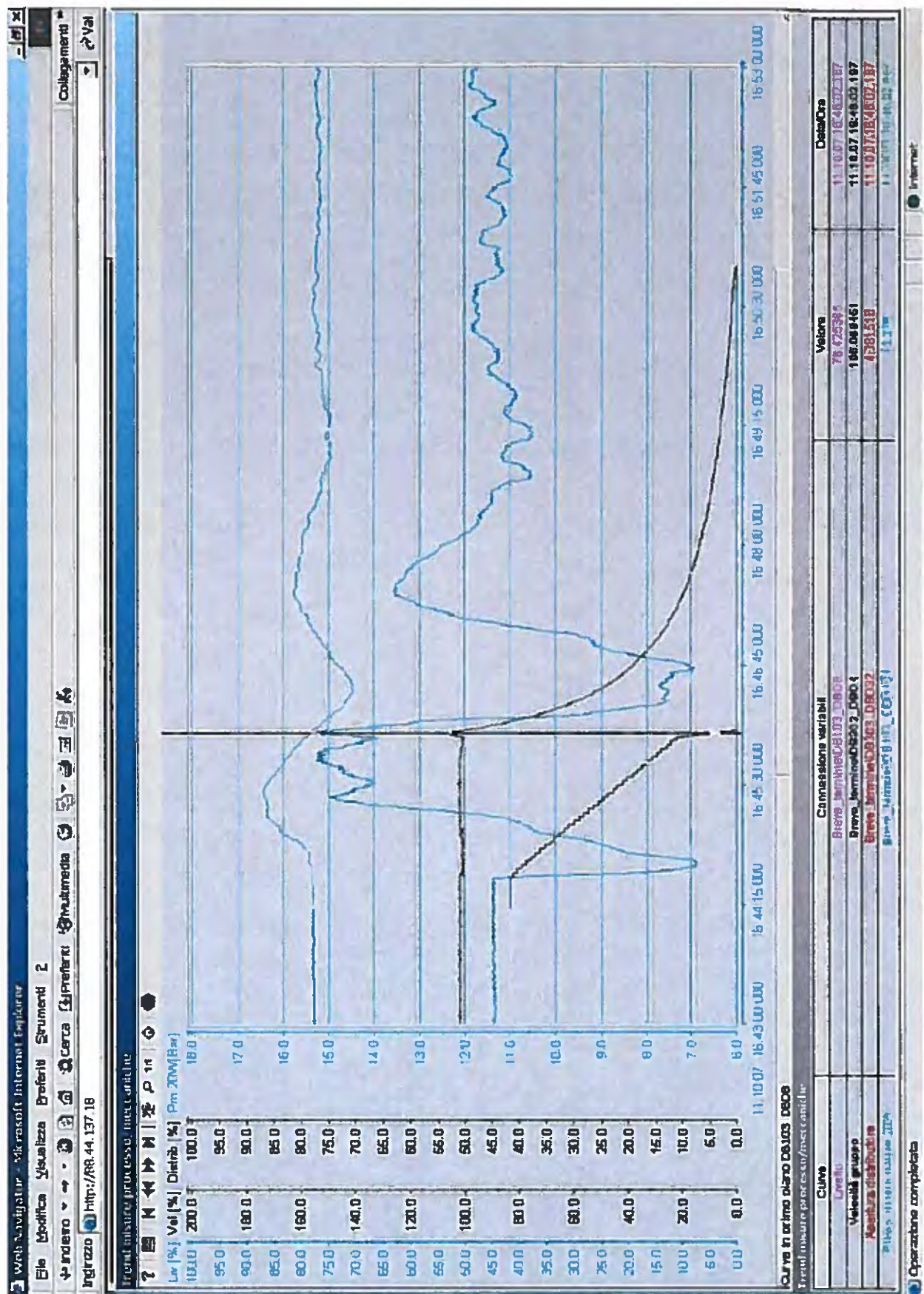


Fig. 6c - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 3 del 11/10/2007 ( $Q=0.90 \text{ m}^3/\text{s}$ )



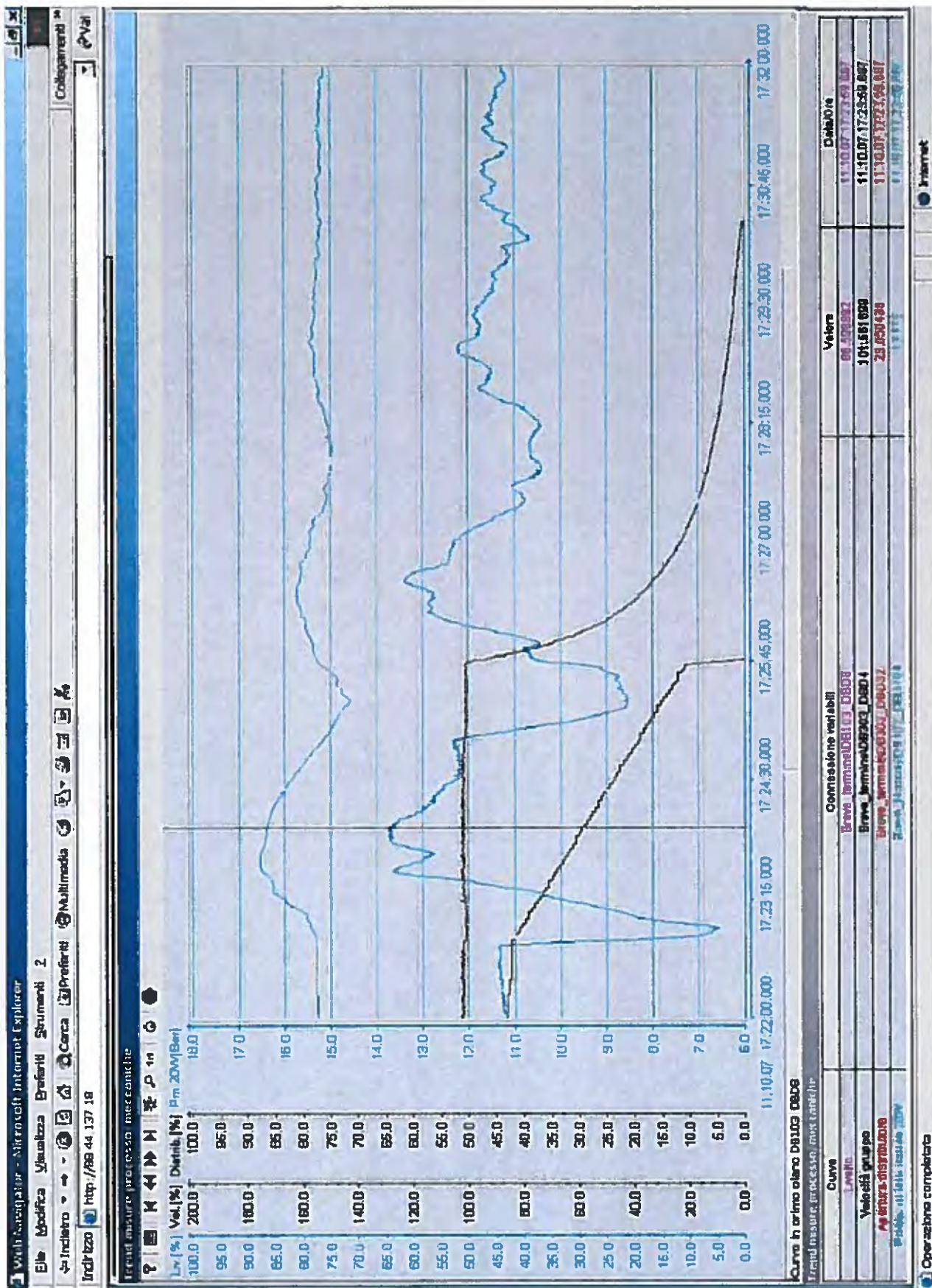
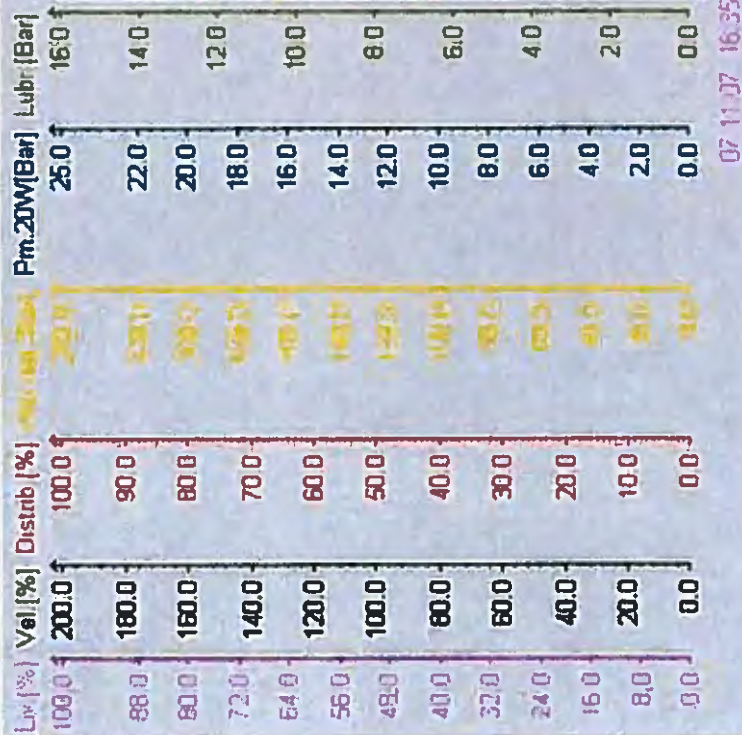


Fig. 6d - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 4 del 11/10/2007 ( $Q=0,90 \text{ m}^3/\text{s}$ )





Curve in primo piano DB103\_D8D8

Trend misure processo/meccaniche

Curva	Connessione variabili	Valore	Data/Ora
Livello	Breve_terminaleDB103_D8D8	83.940826	07/11/07 18:38:51.734
Velocità gruppo	Breve_terminaleDB303_D8D4	101.585847	07/11/07 18:38:51.734
Apertura distributore	Breve_terminaleDB303_D8D32	23.330517	07/11/07 18:38:51.734
Press. acqua mente 20W	Breve_terminaleDB103_D8D104	13.237847	07/11/07 18:38:51.734
sione olio lubrificazione cusci	Breve_terminaleDB103_D8D48	12.130288	07/11/07 18:38:51.734

Fig. 6e - Centrale di S. Lorenzo - Arresto 07/11/2007 ( $Q=0,86 \text{ m}^3/\text{s}$ )



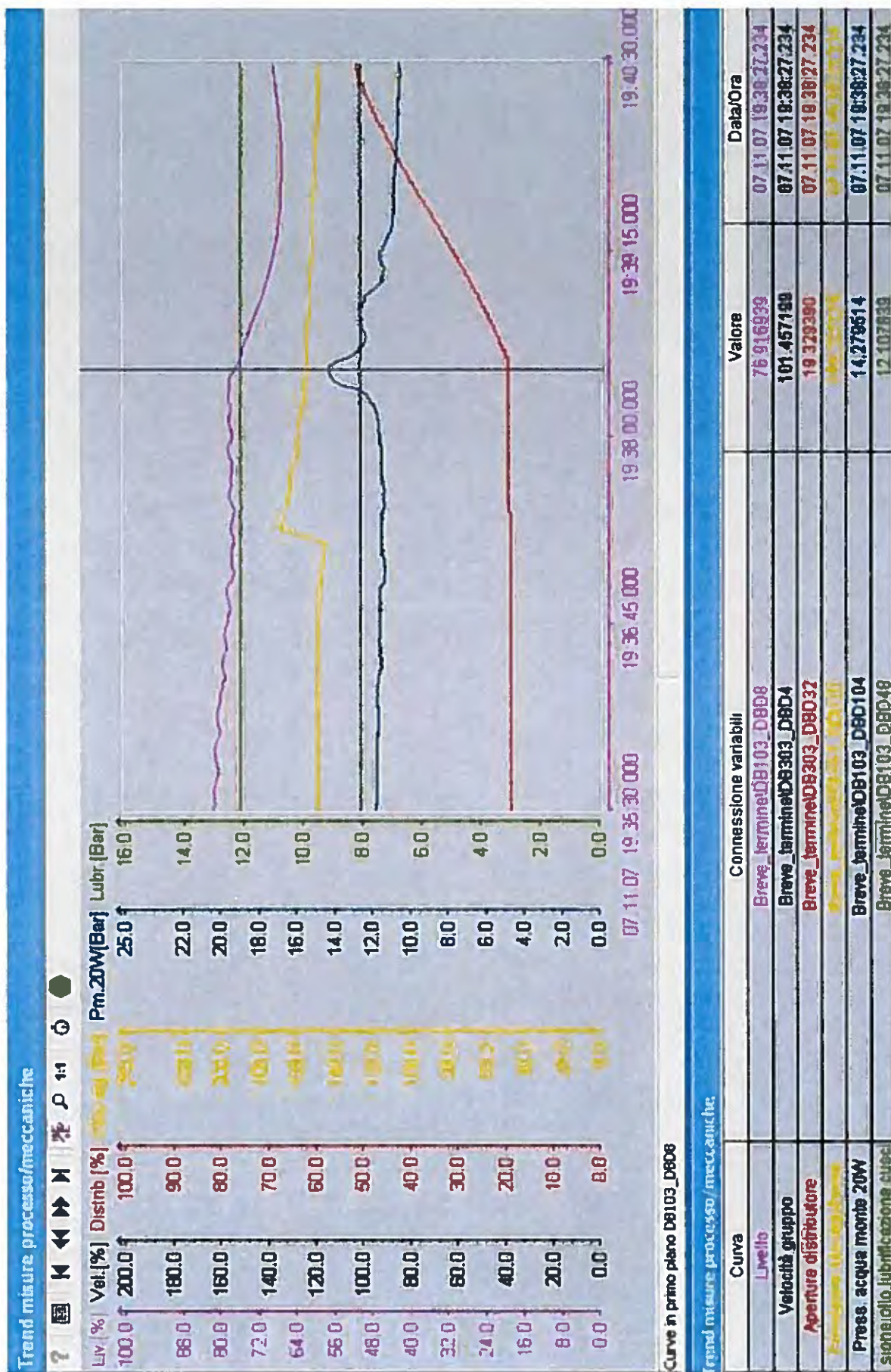


Fig. 7 - Centrale di S. Lorenzo - Chiusura scarico sincrono



# **CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F. CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

**Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel**

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALI IDROELETTRICHE DI SAN LORENZO E SIMBIRIZZI**

**VERBALE DELLE PROVE ESEGUITE IN DATA 03 E 04 APRILE 2008**

## **1 PREMESSA**

I giorni 03 e 04 Aprile 2008, alla presenza dell'Appaltatore nelle persone dell'ing. Alberto Vicentini e del sig. Maurizio Sbalchiero e della Direzione Lavori nella persona del Direttore Lavori ing. Braghini e del Direttore Operativo per le installazioni elettromeccaniche, ing. Stefano Calvo, su richiesta dell'impresa si sono svolte presso le centrali di Simbirizzi e S. Lorenzo prove prodromiche delle prove di funzionamento di cui all'art. 27 dell'Annesso Disposizioni Amministrative al Contratto di Appalto.

Le prove condotte hanno riguardato essenzialmente una prima determinazione dei rendimenti delle macchine installate e la determinazione della potenza resa a piena apertura, secondo quanto richiesto dal Capitolato Speciale di Appalto parte I, artt. 4.1 e 9.1.

La determinazione dei rendimenti di turbina è stata eseguita mediante la registrazione delle grandezze di interesse in un'apposita pagina del supervisore di centrale.

L'Impresa ha provveduto a strumentare le sezioni 1 e 2 delle turbine (alta pressione e bassa pressione) con trasduttori di pressione Siemens mod. Sitrans serie Z con campo scala 0÷16 bar (sez. 1) e 0÷4 bar (sez. 2).

La misura di portata è stata rilevata mediante il trasduttore ad ultrasuoni GE Panametrics mod. AT868 installato da ENAS sulla condotta.

I valori di potenza e di corrente sono stati rilevati dallo strumento installato sul quadro di comando del gruppo, mod. Socomec Diris A40 con classe di precisione 0,5; in entrambe le centrali, le misure sono state eseguite in una sezione a valle dei morsetti del generatore, che si presentavano già piombati dall'UTF.

Per quanto riguarda la strumentazione di misura installata, è da segnalare che non si dispongono di certificati di taratura.

Dal supervisore sono state acquisite un certo numero di letture dei parametri di interesse e si è proceduto al calcolo del rendimento di turbina con le seguenti modalità:

- calcolo del salto energetico netto della turbina  $E = (p_1 - p_2)/\rho + (v_1^2 - v_2^2)/2 + (z_1 - z_2)*g$ , dove le sezioni di misura 1 e 2 sono quelle strumentate a monte ed a valle della girante (UNI 10242

prospetto III n. 19); in Allegato I sono riportate le grandezze caratteristiche delle sezioni di misura;

- controllo dello scostamento delle condizioni di prova da quelle di riferimento (UNI 10242 punto 3.2.2); si è assunto che la velocità di rotazione reale  $n$  coincida con quella prevista  $n_{sp}$ ;
- calcolo della potenza idraulica disponibile  $P_h = E \cdot (\rho_l \cdot Q)$  (UNI 10242 prospetto III n. 25);
- determinazione del rendimento di generatore mediante interpolazione;
- determinazione del rendimento di turbina  $\eta_l = P / (P_h \cdot \eta_{gen})$ ;
- applicazione dei coefficienti di peso per la determinazione del rendimento medio ponderale;
- confronto del rendimento medio ponderale ottenuto con quello previsto a specifica, pari al 90,0%.

Per quanto riguarda la determinazione del rendimento del generatore, per entrambe le macchine installate nelle due centrali si dispone di due punti certi, verificati al collaudo in fabbrica, uno al 50% del carico ed uno al 100% del carico.

Dal momento che questi due punti non consentono di estrapolare valori di rendimento al di sotto del 50%, si è provveduto a stimare il rendimento del generatore reale mediante interpolazione quadratica con inserimento di un terzo punto, al 25% del carico, assunto pari a quello previsto in progetto.

Nel seguito si descrivono in dettaglio le prove effettuate e gli esiti riscontrati.

## 2 CENTRALE DI SAN LORENZO

Il giorno 03 Aprile, dalle ore 15:00 circa, presso la centrale di San Lorenzo, si è proceduto all'esecuzione delle prove di rendimento e della potenza resa a piena apertura.

### 2.1 CALCOLO DEL RENDIMENTO DI TURBINA

La valutazione del rendimento del generatore è stata condotta a partire dai valori di corrente misurati rapportati al valore di targa, pari a 154 A; in base alla percentuale di carico così calcolata, l'interpolazione fornisce il valore del rendimento. In Allegato II è riportata la funzione interpolante utilizzata.

Si riportano di seguito le quantità previste a Capitolato (pedice sp):

$Q_{sp}$ m <sup>3</sup> /s	$H_{sp}$ m	$P_{h\ sp}$ kW	$E_{sp}$ kJ/kg	$P_{sp}$ kW	$\eta_{l\ sp}$ %	pesi -	$\eta_{l\ sp\ pond}$ %
0.72	119.69	844.55	1172.98	719.16	88.91	0.23	20.45
0.84	116.83	961.76	1144.95	834.43	90.32	0.77	69.55

I risultati a cui si perviene sono i seguenti (in Allegato III, sono riportati tutti i valori misurati e calcolati):

$Q$ m <sup>3</sup> /s	$H$ m	$P_h$ kW	$E$ kJ/kg	$P$ kW	$\eta_l$ %	pesi -	$\eta_{l\ pond}$ %
0.721	115.54	815.79	1132.28	651.99	84.73	0.23	19.49
0.845	113.03	936.47	1107.67	790.95	88.86	0.77	68.42

Il rendimento medio ponderale ottenuto è perciò  $19.49+68.42 = 87.91$ ; considerando, come da Capitolato, una tolleranza dell'1.5%, possiamo assumere al massimo un rendimento ottenuto pari a  $87.91 + 1.5 = 89.41 \%$ , inferiore al 90.0% previsto.

E' peraltro da tenere presente che la potenza andrebbe misurata ai morsetti del generatore, che attualmente sono stati piombati dall'UTF; occorrerebbe perciò prendere in considerazione nel calcolo anche le perdite nel tratto di cavo compreso tra il generatore e la sezione di misura posta più a valle, perdite che, per il momento, sono state ritenute non significative per queste prime prove.

## **2.2 VERIFICA DELLA POTENZA RESA A PIENA APERTURA**

Dal momento che è stato possibile aumentare la portata transitante attraverso la centrale, si è provveduto ad eseguire la prova di potenza resa a piena apertura, secondo quanto richiesto dal Capitolato Speciale di Appalto parte I, art. 9.1.

Al contempo, si è provveduto a richiedere una diminuzione quanto più possibile della portata transitante nel nodo di Simbirizzi al fine di recuperare carico a S. Lorenzo; la portata in transito a Simbirizzi durante la prova è stata pari a circa 500 l/s.

La prova consisteva nel determinare il valore della potenza erogata con distributore a piena apertura e confrontarlo con il valore minimo prescritto a Capitolato espresso in funzione del carico.

Le medie dei dati rilevati sono state le seguenti:

Q	1,607 m <sup>3</sup> /s
H	92,2 m
P	1195 kW

La potenza minima prevista doveva essere calcolata con la seguente formula:

$$P = -0.04603 * H^2 + 20.98949 * H - 622.319$$

perciò, con H pari a 92,2 m, il valore minimo di P prescritto doveva essere pari a 922 kW.

La massima potenza registrata è quindi superiore a quella prescritta; è da segnalare, peraltro, che il valore di portata di riferimento per la determinazione della polinomiale, era pari alla massima portata prevista, pari a 1,2 m<sup>3</sup>/s, perciò una portata maggiore ha ovviamente determinato un valore nettamente superiore rispetto alle aspettative.

## **3 CENTRALE DI SIMBIRIZZI**

Il giorno 04 Aprile, dalle ore 9:30, presso la centrale di Simbirizzi, si è proceduto all'esecuzione all'esecuzione delle prove di rendimento e della potenza resa a piena apertura.

### **3.1 CALCOLO DEL RENDIMENTO DI TURBINA**

La valutazione del rendimento del generatore è stata condotta a partire dai valori di corrente misurati rapportati al valore di targa, pari a 164 A; in base alla percentuale di carico così calcolata, l'interpolazione fornisce il valore del rendimento. In Allegato II è riportata la funzione interpolante utilizzata.

Si riportano di seguito le quantità previste a Capitolato (pedice sp):



$Q_{sp}$ m <sup>3</sup> /s	$H_{sp}$ m	$P_{h\ sp}$ kW	$E_{sp}$ kJ/kg	$P_{sp}$ kW	$\eta_{l\ sp}$ %	pesi -	$\eta_{l\ sp\ pond}$ %
1.0	77.66	761.071	761.071	613.4	86.82	0.28	24.31
1.2	75.29	885.414	737.845	753.6	90.59	0.37	33.52
1.4	72.48	994.429	710.307	864.9	91.91	0.35	32.17

I risultati a cui si perviene sono i seguenti (in Allegato III, sono riportati tutti i valori misurati e calcolati):

$Q$ m <sup>3</sup> /s	$H$ m	$P_h$ kW	$E$ kJ/kg	$P$ kW	$\eta_l$ %	pesi -	$\eta_{l\ pond}$ %
0.968	75.41	715.58	739.04	589.89	88.85	0.28	24.88
1.200	72.92	857.80	714.58	737.20	90.61	0.37	33.53
1.409	70.44	973.02	690.33	871.80	93.12	0.35	32.59

Il rendimento medio ponderale ottenuto è perciò  $24.88+33.53+32.59 = 91.00\%$ , superiore al  $90.0\%$  previsto.

Dato il soddisfacimento delle richieste, non risulta necessario tenere in conto anche le perdite tra i morsetti del generatore ed il punto di misura dell'energia.

### 3.2 VERIFICA DELLA POTENZA RESA A PIENA APERTURA

Dal momento che non è stato possibile aumentare la portata transitante attraverso la centrale fino a raggiungere la piena apertura del distributore, non si è potuta eseguire la prova prevista, che consisteva del determinare il valore della potenza erogata con distributore a piena apertura e confrontarlo con il valore minimo prescritto a Capitolato espresso in funzione del carico.

E' stato tuttavia compiuto un tentativo, avendo in precedenza annullato la portata in transito dal nodo di S. Lorenzo al fine di recuperare carico; al momento della fermata del gruppo, avvenuta a causa dell'intervento della soglia di massimo livello, si sono registrati i seguenti valori istantanei:

apertura distributore 90.2%  
portata  $Q \leq 2.0$  mc/s, presumibilmente 2.4 mc/s  
salto netto  $H$  58.96 m (con  $Q = 2.4$  mc/s)  
Potenza  $P$  1204 kW

La potenza minima prevista doveva essere calcolata con la seguente formula:

$$P = -0,088957 \cdot H^2 + 30,259631 \cdot H - 492,785094$$

perciò, con  $H$  pari a 58.96 m, il valore minimo di  $P$  prescritto doveva essere pari a 982 kW; è da segnalare, peraltro, che il valore di portata di riferimento per la determinazione della polinomiale, era pari alla massima portata prevista, pari a  $2,0$  m<sup>3</sup>/s, perciò una portata maggiore ha ovviamente determinato un valore nettamente superiore rispetto alle aspettative.

Cagliari, 04 Aprile 2008

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



**Allegati:**

- All. I      Punti strumentati delle turbine
- All. II     Rendimenti dei generatori
- All. III    Misure e calcoli per la determinazione dei rendimenti di turbina

## **ALLEGATO I**

### **PUNTI STRUMENTATI DELLE TURBINE**



**NOTE**

Nelle tabelle sotto riportate, sono indicati i valori delle grandezze caratteristiche delle sezioni strumentate delle turbine.

I simboli hanno il seguente significato:

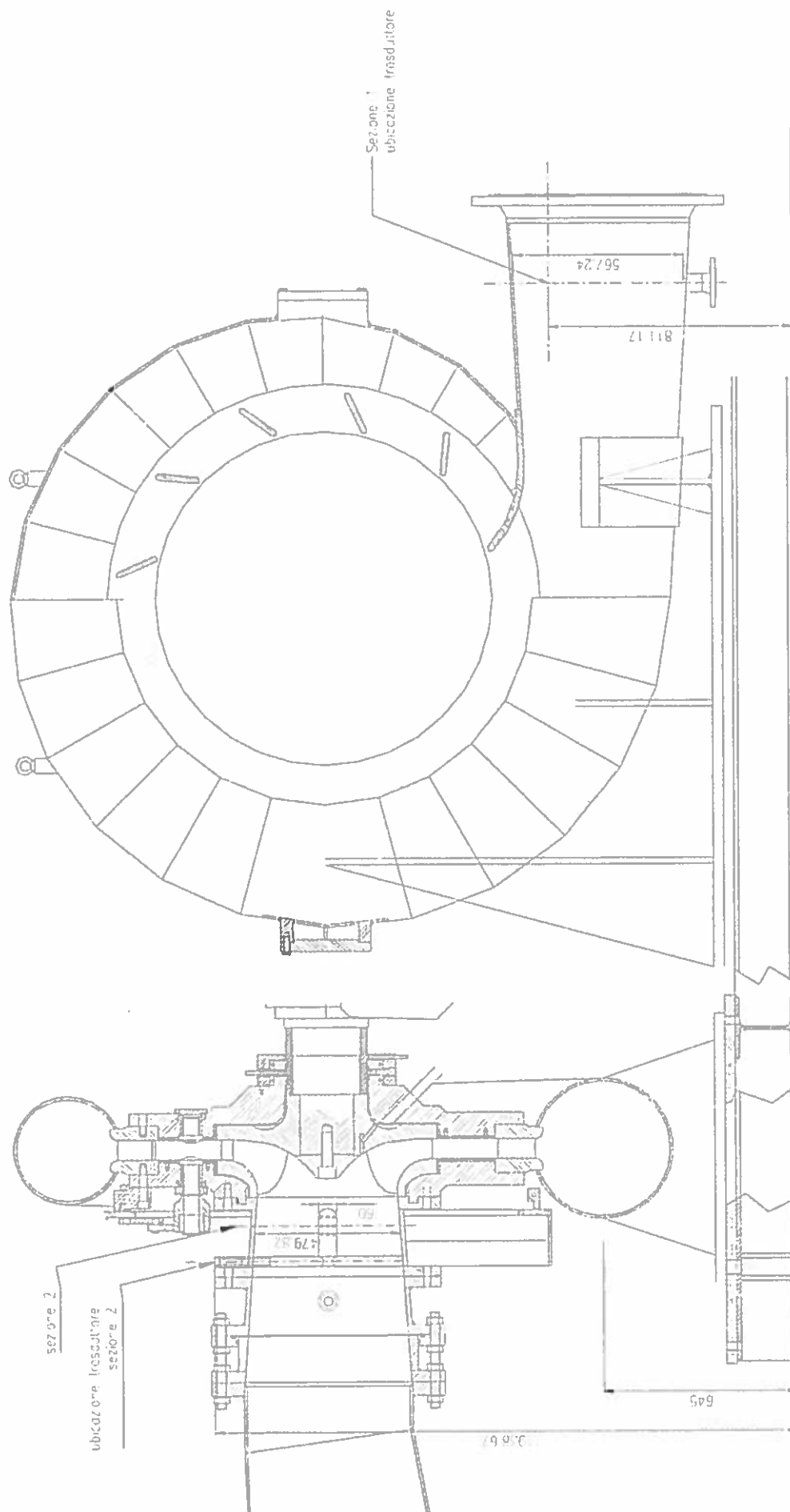
A      sezione di riferimento  
z      quota relativa di installazione

	sez. 1	sez. 2	
A	0.25271	0.17796	m <sup>2</sup>
z	0.81117	1.93867	m

**Tab. I-1: Grandezze caratteristiche delle sezioni strumentate della turbina di S. Lorenzo**

	sez. 1	sez. 2	
A	0.35824	0.29568	m <sup>2</sup>
z	0.9405	2.129	m

**Tab. I-2: Grandezze caratteristiche delle sezioni strumentate della turbina di Simbirizzi**



**Fig. I-1 - Turbina di S. Lorenzo - Ubicazione dei punti di misura e quote caratteristiche**

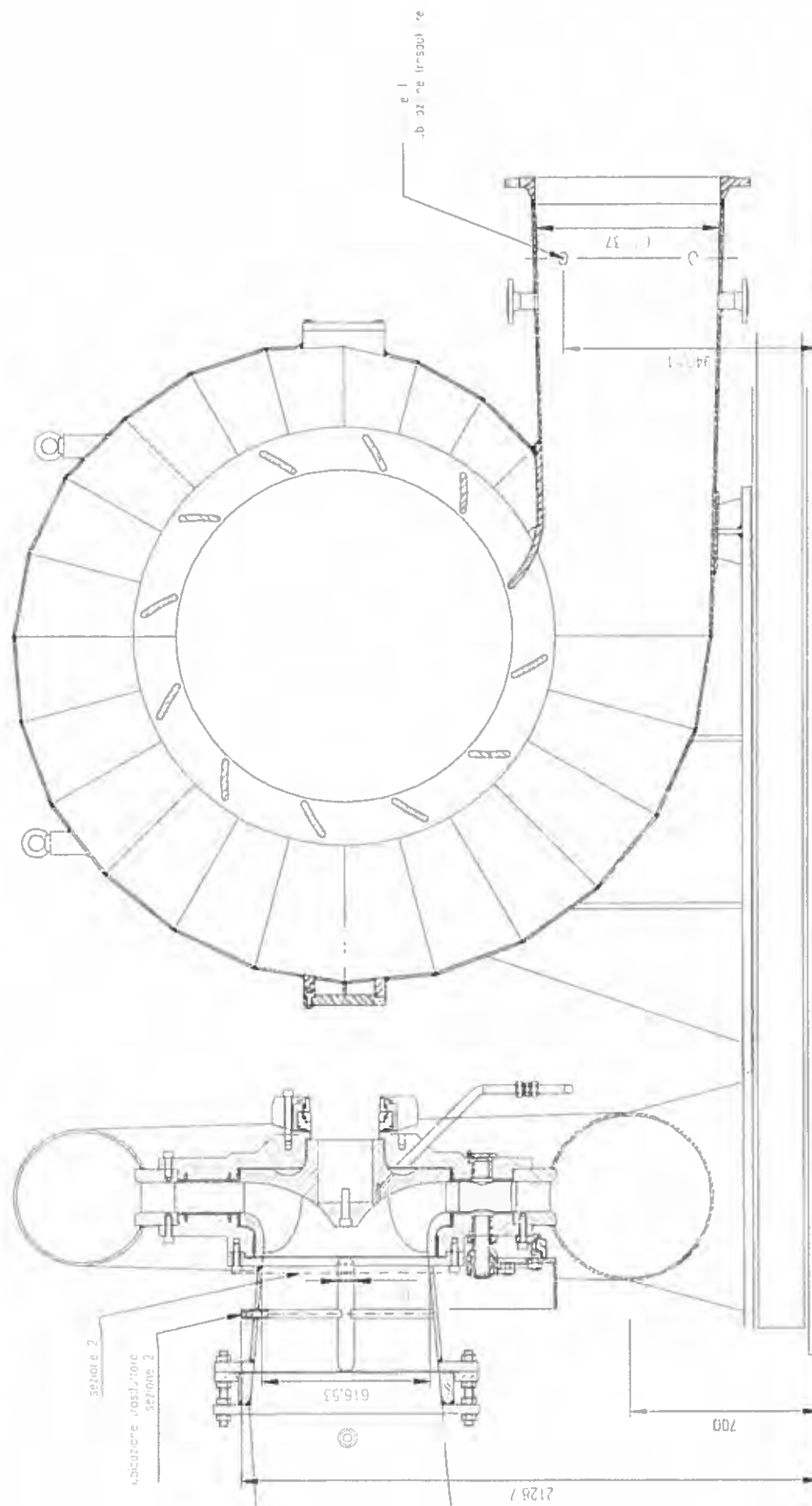


Fig. I-2 - Turbina di Simbirz - Ubicazione dei punti di misura e quote caratteristiche



## **ALLEGATO II**

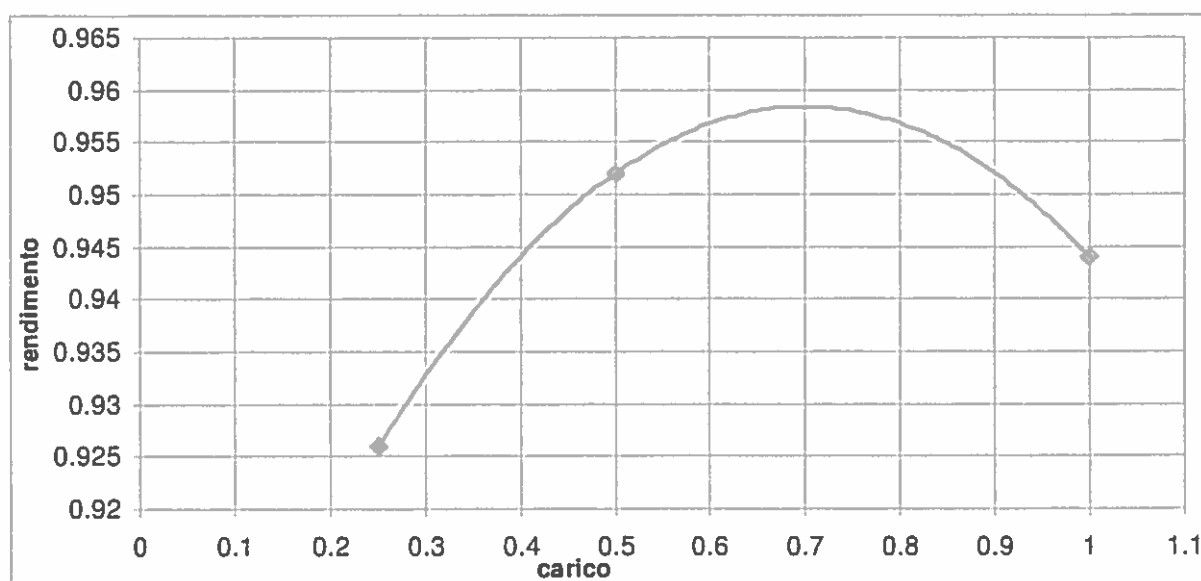
### **RENDIMENTI DEI GENERATORI**

Sono di seguito riportate le stime dei rendimenti dei generatori installati nelle due centrali con le relative equazioni interpolanti.

Il punto al 25% di carico è stato assunto, arbitrariamente, pari a quello previsto a progetto.

carico	I [A]	eta [-]	grado	coeff
1	154	0.944	2	-6.7465E-06
0.5	77	0.952	1	0.001454545
0.25	38.5	0.926	0	0.88

**Tab. II-1 - Rendimento del generatore di S. Lorenzo e parametri dell'interpolante**

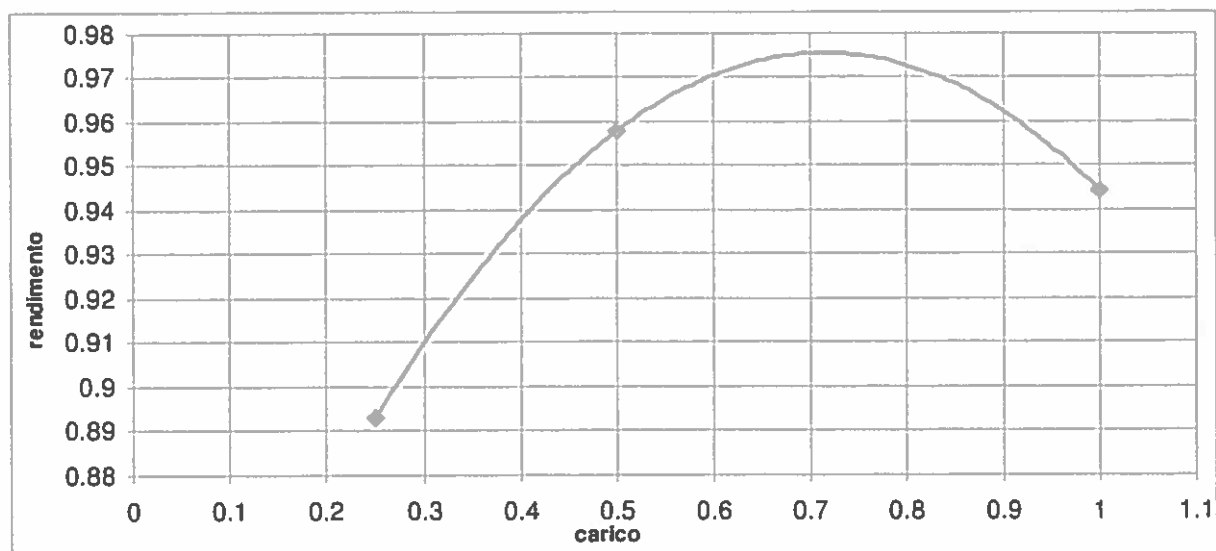


**Fig. II-1 - Stima del rendimento del generatore di S. Lorenzo**

I punti rossi al 50% ed al 100% del carico indicano i valori misurati in officina; il punto rosso al 25% del carico è assunto pari a quello ipotizzato in progetto

carico	I [A]	eta [-]	grado	coeff
1	164	0.9443	2	-1.4247E-05
0.5	82	0.958	1	0.0033378
0.25	41	0.893	0	0.7801

**Tab. II-2 - Rendimento del generatore di Simbirizzi e parametri dell'interpolante**



**Fig. II-2 - Stima del rendimento del generatore di Simbirizzi**

I punti rossi al 50% ed al 100% del carico indicano i valori misurati in officina; il punto rosso al 25% del carico è assunto pari a quello ipotizzato in progetto



## **ALLEGATO III**

### **MISURE E CALCOLI PER LA DETERMINAZIONE DEI RENDIMENTI DI TURBINA**

## NOTE

Nelle tabelle seguenti, i simboli hanno il seguente significato:

Q	portata misurata
P	potenza resa rilevata alla sezione di misura
I	intensità di corrente rilevata alla sezione di misura
$p_1, p_2$	pressioni rilevate nelle sezioni strumentate della turbina
$V_1, V_2$	velocità acqua nelle sezioni strumentate della turbina $V = Q / A$
E	salto energetico netto della turbina $E = (p_1 - p_2) / \rho + (v_1^2 - v_2^2) / 2 + (z_1 - z_2) * g$
$E_{sp}$	salto energetico netto della turbina alla condizione di riferimento
accettab	accettabilità della misura ai fini del calcolo del rendimento, determinata dal soddisfacimento della relazione $0.98 \leq (E_{sp}/E)^{1/2} \leq 1.02$
H	salto netto agente sulla turbina $H = E/g$
$P_h$	potenza idraulica disponibile $P_h = E * (\rho_1 * Q)$
eta gen	rendimento generatore
eta turb	rendimento complessivo di turbina (idraulico+volumetrico+meccanico)
eta pond	rendimento complessivo di turbina ponderato per i coefficienti di peso

L'accelerazione di gravità alla latitudine di Cagliari (39,2°) è pari a 9,800036 m/s<sup>2</sup> per Simbirizzi (quota di riferimento 108,0 m slm) e a 9,800177 per S. Lorenzo (quota di riferimento 61,0 m slm) - UNI 10242, prospetto IV.

file	Lettura		Calcoli										Q m³/s				
	Q m³/s	P1 bar	P2 bar	P kW	I A	V1 m/s	V2 m/s	E kJ/kg	(Esp/E) <sup>1/2</sup> -	accettab -	E kJ/kg	H m		Ph kW	eta gen %	eta turb %	eta pond %
sls1	0.721	11.5476	0.11	653.310	60.48	2.854	4.053	1128.569	1.0195	VERO	1128.57	115.16	814.10	94.33%	85.07%	19.57%	653.31
sls2	0.722	11.5766	0.12	649.467	60.18	2.858	4.058	1130.459	1.0186	VERO	1130.46	115.35	816.44	94.31%	84.35%	19.40%	649.47
sls3	0.721	11.5983	0.11	649.467	60.18	2.853	4.052	1133.643	1.0172	VERO	1133.64	115.68	817.43	94.31%	84.25%	19.38%	649.47
sls4	0.722	11.5766	0.1	657.153	60.96	2.858	4.058	1132.459	1.0177	VERO	1132.46	115.56	817.88	94.36%	85.15%	19.58%	657.15
sls5	0.722	11.6128	0.11	655.232	60.84	2.857	4.057	1135.082	1.0166	VERO	1135.08	115.82	819.45	94.35%	84.75%	19.49%	655.23
sls6	0.719	11.5874	0.11	657.153	60.90	2.846	4.042	1132.573	1.0177	VERO	1132.57	115.57	814.69	94.36%	85.49%	19.66%	657.15
sls7	0.721	11.5693	0.12	653.310	60.66	2.852	4.050	1129.746	1.0190	VERO	1129.75	115.28	814.29	94.34%	85.04%	19.56%	653.31
sls8	0.723	11.5549	0.11	647.545	60.03	2.861	4.063	1129.279	1.0192	VERO	1129.28	115.23	816.57	94.30%	84.09%	19.34%	647.55
sls9	0.722	11.5693	0.11	645.624	60.00	2.856	4.055	1130.736	1.0185	VERO	1130.74	115.38	815.99	94.30%	83.91%	19.30%	645.62
sls10	0.719	11.5693	0.1	649.466	60.24	2.846	4.042	1131.763	1.0180	VERO	1131.76	115.48	814.11	94.31%	84.59%	19.45%	649.47
sls11	0.720	11.5621	0.12	649.466	60.30	2.851	4.048	1129.029	1.0193	VERO	1129.03	115.20	813.45	94.32%	84.65%	19.47%	649.47
sls12	0.720	11.6128	0.1	645.624	60.06	2.851	4.048	1136.098	1.0161	VERO	1136.10	115.93	818.54	94.30%	83.64%	19.24%	645.62
sls14	0.722	11.591	0.105	649.467	60.36	2.858	4.058	1133.399	1.0173	VERO	1133.40	115.65	818.56	94.32%	84.12%	19.35%	649.47
sls16	0.719	11.5621	0.105	645.624	59.76	2.844	4.039	1130.549	1.0186	VERO	1130.55	115.36	812.58	94.28%	84.27%	19.38%	645.62
sls17	0.721	11.5404	0.12	645.624	59.82	2.853	4.052	1126.853	1.0203	FALSO	-	-	-	-	-	-	-
sls18	0.720	11.5947	0.1	657.153	60.90	2.849	4.045	1134.296	1.0169	VERO	1134.30	115.74	816.59	94.36%	85.29%	19.62%	657.15
sls19	0.722	11.562	0.12	649.467	60.24	2.858	4.058	1128.999	1.0193	VERO	1129.00	115.20	815.39	94.31%	84.45%	19.42%	649.47
sls20	0.716	11.5549	0.12	641.781	59.46	2.835	4.026	1128.356	1.0196	VERO	1128.36	115.14	808.39	94.26%	84.22%	19.37%	641.78
sls21	0.717	11.5766	0.12	657.153	60.90	2.837	4.029	1130.519	1.0186	VERO	1130.52	115.36	810.60	94.36%	85.92%	19.76%	657.15
sls22	0.720	11.5766	0.11	649.467	60.24	2.849	4.045	1131.488	1.0182	VERO	1131.49	115.46	814.57	94.31%	84.54%	19.44%	649.47
sls23	0.721	11.5549	0.12	653.310	60.36	2.853	4.052	1128.303	1.0196	VERO	1128.30	115.13	813.58	94.32%	85.13%	19.58%	653.31
sls24	0.719	11.5621	0.105	645.624	59.76	2.844	4.039	1130.549	1.0186	VERO	1130.55	115.36	813.39	94.28%	84.27%	19.38%	645.62
sls27	0.719	11.5693	0.11	653.310	60.36	2.846	4.042	1130.763	1.0185	VERO	1130.76	115.38	812.58	94.32%	85.15%	19.59%	653.31
sls28	0.720	11.5983	0.1	653.310	60.66	2.851	4.048	1134.649	1.0168	VERO	1134.65	115.78	817.50	94.34%	84.71%	19.48%	653.31
sls29	0.723	11.6055	0.11	660.996	61.44	2.860	4.061	1134.343	1.0169	VERO	1134.34	115.75	819.90	94.39%	85.41%	19.64%	661.00
sls30	0.720	11.6056	0.1	664.839	61.74	2.849	4.045	1135.382	1.0164	VERO	1135.38	115.85	817.37	94.41%	86.16%	19.82%	664.84
sls31	0.717	11.5766	0.1	645.624	59.76	2.837	4.029	1132.521	1.0177	VERO	1132.52	115.56	812.03	94.28%	84.33%	19.40%	645.62
sls32	0.719	11.6273	0.105	653.310	60.54	2.844	4.039	1137.065	1.0157	VERO	1137.06	116.02	817.27	94.33%	84.74%	19.49%	653.31
sls33	0.722	11.5766	0.12	653.310	60.72	2.856	4.055	1130.466	1.0186	VERO	1130.47	115.35	815.79	94.34%	84.88%	19.52%	653.31
sls34	0.722	11.5839	0.12	657.153	60.90	2.858	4.058	1131.185	1.0183	VERO	1131.18	115.42	816.96	94.36%	85.25%	19.61%	657.15
sls35	0.720	11.5839	0.11	653.310	60.36	2.851	4.048	1132.205	1.0178	VERO	1132.20	115.53	815.74	94.32%	84.91%	19.53%	653.31
sls36	0.722	11.6055	0.11	653.310	60.36	2.856	4.055	1134.356	1.0169	VERO	1134.36	115.75	818.60	94.32%	84.61%	19.46%	653.31
sls37	0.719	11.6634	0.12	649.466	60.00	2.846	4.042	1139.173	1.0147	VERO	1139.17	116.24	819.44	94.30%	84.05%	19.33%	649.47
sls38	0.716	11.5693	0.11	649.466	60.30	2.833	4.022	1130.802	1.0185	VERO	1130.80	115.39	809.49	94.32%	85.06%	19.56%	649.47
sls39	0.720	11.62	0.12	649.466	60.42	2.849	4.045	1134.826	1.0167	VERO	1134.83	115.80	816.97	94.33%	84.28%	19.38%	649.47
sls40	0.727	11.6128	0.1	660.996	61.56	2.879	4.088	1136.018	1.0161	VERO	1136.02	115.92	826.37	94.40%	84.73%	19.49%	661.00
media																	0.720

Tab. III-1 - Centrale di S. Lorenzo - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a Q=0.72 m³/s



file	Lettura		Calcoli										Q m³/s					
	Q m³/s	P1 bar	P2 bar	P kW	I A	V1 m/s	V2 m/s	E kJ/kg	(Esp/E) <sup>1/3</sup> -	accettab -	E kJ/kg	H m		Ph kW	eta gen %	eta turb %	eta pond %	P kW
sls1	0.845	11.3306	0.1	791.658	73.44	3.345	4.749	1106.326	1.017	VERO	112.89	935.06	95.04%	89.08%	68.59%	791.66	0.8452	
sls2	0.844	11.3596	0.11	787.815	73.38	3.339	4.741	1108.245	1.016	VERO	113.08	935.08	95.04%	88.65%	68.26%	787.82	0.8438	
sls3	0.848	11.3524	0.12	791.658	73.56	3.355	4.764	1106.468	1.017	VERO	112.90	938.06	95.05%	88.79%	68.37%	791.66	0.8478	
sls4	0.844	11.3451	0.1	787.815	73.38	3.339	4.741	1107.795	1.017	VERO	113.04	934.70	95.04%	88.68%	68.29%	787.82	0.8438	
sls5	0.847	11.3524	0.1	803.187	74.70	3.353	4.761	1108.476	1.016	VERO	113.11	939.12	95.10%	89.93%	69.25%	803.19	0.8472	
sls6	0.850	11.3777	0.1	799.344	74.10	3.364	4.777	1110.969	1.015	VERO	113.36	944.45	95.07%	89.02%	68.55%	799.34	0.8501	
sls7	0.843	11.4247	0.1	799.344	74.28	3.337	4.738	1115.763	1.013	VERO	113.85	940.78	95.08%	89.36%	68.81%	799.34	0.8432	
sls8	0.841	11.3813	0.11	787.815	73.20	3.327	4.725	1110.455	1.015	VERO	113.31	933.73	95.03%	88.78%	68.36%	787.82	0.8409	
sls9	0.834	11.2583	0.1	780.129	72.54	3.302	4.689	1099.242	1.021	FALSO	-	-	-	-	-	-	-	
sls0	0.839	11.2872	0.12	776.286	72.12	3.318	4.712	1100.075	1.020	FALSO	-	-	-	-	-	-	-	
sls1	0.842	11.2293	0.12	791.658	73.68	3.332	4.731	1094.238	1.023	FALSO	-	-	-	-	-	-	-	
sls2	0.847	11.3379	0.1	807.030	75.06	3.350	4.757	1107.036	1.017	VERO	112.96	937.26	95.12%	90.53%	69.70%	807.03	0.8466	
sls3	0.848	11.3524	0.11	787.815	72.96	3.357	4.767	1107.460	1.017	VERO	113.00	939.55	95.02%	88.24%	67.95%	787.82	0.8484	
sls5	0.845	11.3849	0.105	787.815	73.14	3.346	4.751	1111.252	1.015	VERO	113.39	939.55	95.03%	88.24%	67.94%	787.82	0.8455	
sls6	0.841	11.3379	0.1	780.129	72.48	3.330	4.728	1107.106	1.017	VERO	112.97	931.56	95.00%	88.15%	67.88%	780.13	0.8414	
sls7	0.840	11.4175	0.12	787.815	73.62	3.325	4.722	1113.079	1.014	VERO	113.58	935.30	95.05%	88.62%	68.23%	787.82	0.8403	
sls8	0.843	11.3668	0.12	787.815	73.12	3.338	4.739	1107.969	1.017	VERO	113.06	934.53	95.03%	88.71%	68.31%	787.82	0.8435	
sls9	0.845	11.3162	0.1	783.972	73.02	3.346	4.751	1104.882	1.018	VERO	112.74	934.16	95.02%	88.32%	68.00%	783.97	0.8455	
sls0	0.841	11.3524	0.1	783.972	72.60	3.327	4.725	1108.561	1.016	VERO	113.12	932.14	95.00%	88.53%	68.17%	783.97	0.8409	
sls7	0.844	11.309	0.11	787.815	73.20	3.339	4.741	1103.182	1.019	VERO	112.57	930.81	95.03%	89.06%	68.58%	787.82	0.8438	
sls3	0.843	11.345	0.1	787.815	73.14	3.337	4.738	1107.793	1.017	VERO	113.04	934.06	95.03%	88.75%	68.34%	787.82	0.8432	
sls4	0.853	11.3162	0.12	799.344	74.40	3.375	4.793	1102.780	1.019	VERO	112.53	940.68	95.09%	89.37%	68.81%	799.34	0.8530	
sls5	0.849	11.3813	0.1	791.658	73.68	3.359	4.770	1111.346	1.015	VERO	113.40	943.49	95.05%	88.27%	67.97%	791.66	0.8490	
sls7	0.850	11.3162	0.12	787.815	73.14	3.362	4.774	1102.827	1.019	VERO	112.53	936.89	95.03%	88.49%	68.13%	787.82	0.8495	
sls8	0.845	11.2872	0.12	783.972	72.78	3.346	4.751	1099.982	1.020	FALSO	-	-	-	-	-	-	-	
sls9	0.847	11.3451	0.1	791.658	73.62	3.350	4.757	1107.756	1.017	VERO	113.03	937.88	95.05%	88.80%	68.38%	791.66	0.8466	
sls0	0.845	11.374	0.11	787.815	73.20	3.343	4.748	1109.669	1.016	VERO	113.23	937.57	95.03%	88.42%	68.08%	787.82	0.8449	
sls1	0.847	11.3813	0.12	791.658	73.80	3.353	4.761	1109.369	1.016	VERO	113.20	939.88	95.06%	88.61%	68.23%	791.66	0.8472	
sls2	0.844	11.3162	0.12	787.815	73.14	3.341	4.744	1102.898	1.019	VERO	112.54	931.21	95.03%	89.03%	68.55%	787.82	0.8443	
sls3	0.843	11.2945	0.12	783.972	72.66	3.337	4.738	1100.743	1.020	VERO	112.32	928.11	95.01%	88.91%	68.46%	783.97	0.8432	
sls4	0.851	11.222	0.12	795.500	74.16	3.369	4.783	1093.384	1.023	FALSO	-	-	-	-	-	-	-	
sls5	0.848	11.3379	0.1	803.187	74.76	3.357	4.767	1107.013	1.017	VERO	112.96	939.17	95.10%	89.92%	69.24%	803.19	0.8484	
medie																	790.95	0.845

Tab. III-2 - Centrale di S. Lorenzo - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a Q=0.84 m³/s

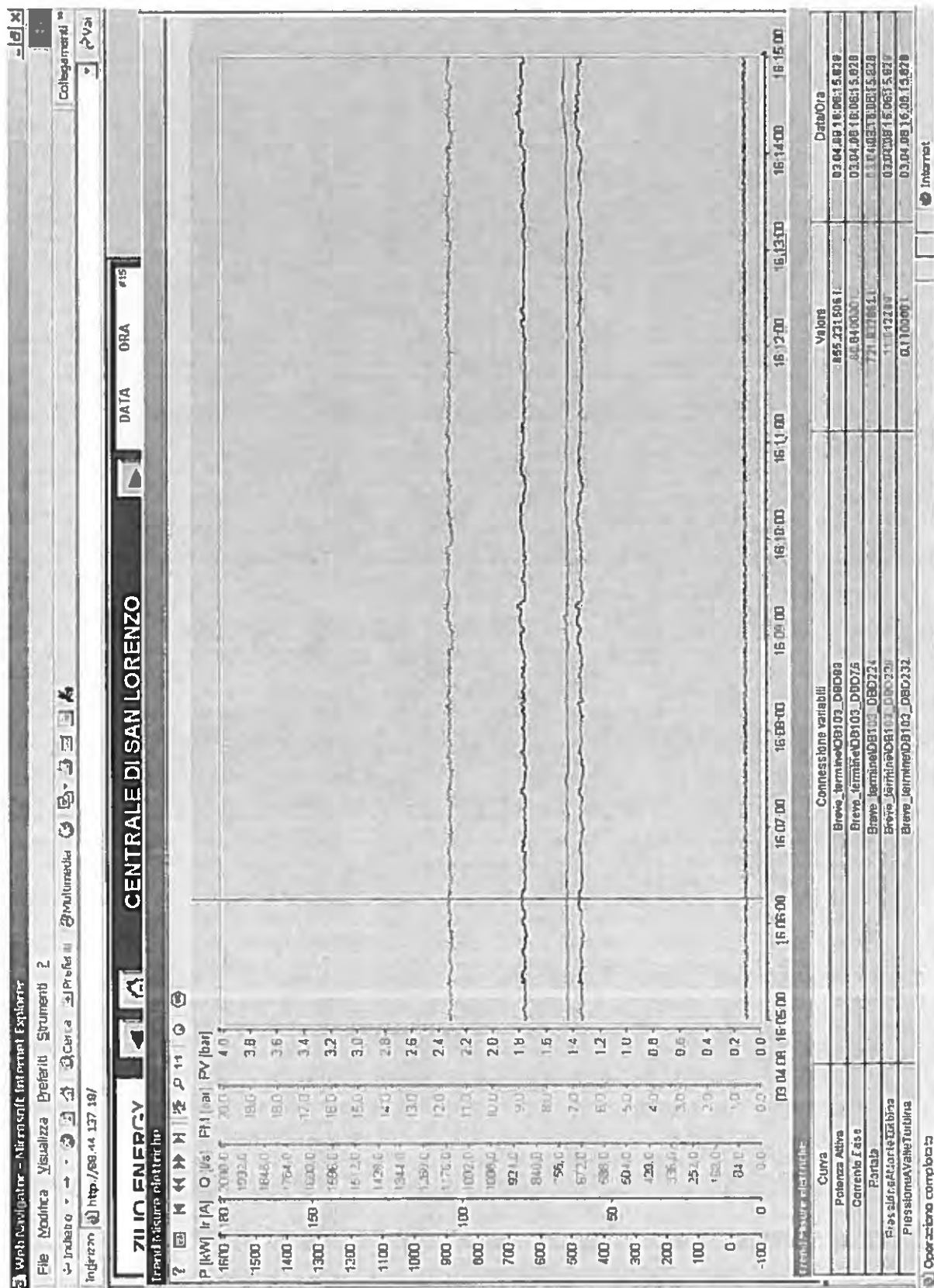


Fig. III-1 - Centrale di S. Lorenzo - Misure rappresentative per il punto di prova a  $Q=0.72 \text{ m}^3/\text{s}$  (file sl05)





file	<u>Letture</u>		<u>Calcoli</u>					H m	Ph kW	eta gen %	eta %	Psp kW
	Q mc/s	p1 bar	p2 bar	P kW	I A	V1 m/s	V2 m/s					
sl101	1.608	9.4764	0.1067	1195.173	111.24	6.364	9.037	92.381	1455.98	96.18%	85.35%	923.88
sl102	1.606	9.4498	0.1	1191.330	111.00	6.355	9.024	92.184	1450.79	96.18%	85.38%	921.42
sl103	1.604	9.5150	0.11	1195.173	111.48	6.348	9.014	92.752	1458.14	96.18%	85.22%	928.50
sl104	1.607	9.4209	0.12	1195.173	111.18	6.359	9.030	91.682	1443.92	96.18%	86.06%	915.13
sl105	1.605	9.4426	0.1	1191.330	111.18	6.350	9.017	92.114	1448.63	96.18%	85.50%	920.54
sl106	1.609	9.4788	0.12	1195.173	111.42	6.366	9.040	92.268	1454.73	96.18%	85.42%	922.47
sl107	1.611	9.4462	0.12	1199.016	111.78	6.375	9.053	91.930	1451.47	96.18%	85.88%	918.24
sl108	1.607	9.4282	0.1	1195.173	111.24	6.360	9.032	91.960	1448.56	96.18%	85.78%	918.61
sl109	1.605	9.4933	0.11	1199.016	111.78	6.350	9.017	92.529	1455.16	96.18%	85.67%	925.72
sl110	1.609	9.4643	0.12	1195.173	111.24	6.367	9.042	92.120	1452.64	96.18%	85.54%	920.61
sl111	1.611	9.4475	0.12	1202.860	111.84	6.375	9.053	91.943	1451.68	96.18%	86.15%	918.40
sl112	1.603	9.4426	0.12	1195.173	111.54	6.343	9.007	91.914	1443.93	96.18%	86.06%	918.04
sl113	1.608	9.5149	0.11	1199.016	111.66	6.362	9.033	92.742	1461.14	96.18%	85.32%	928.38
sl114	1.609	9.4354	0.11	1187.487	110.64	6.368	9.043	91.926	1449.85	96.18%	85.16%	918.19
sl115	1.605	9.4933	0.12	1191.330	110.88	6.350	9.017	92.427	1453.56	96.18%	85.22%	924.45
sl116	1.605	9.4764	0.1067	1195.173	111.24	6.352	9.020	92.389	1453.48	96.18%	85.49%	923.98
medie	1.607			1195.17	111.33	6.36	9.03	92.20	1452.10	96.18%	85.57%	921.66

Tab. III-3 - Centrale di S. Lorenzo - Misure e calcoli di potenza resa a piena apertura



file	Letture		Calcoli										H m	Ph kW	eta gen %	eta turb %	eta pond %	P kW	Q m³/s
	Q m³/s	P1 bar	P2 bar	P kW	I A	V1 m/s	V2 m/s	E kJ/kg	(Esp/E) <sup>1/2</sup> accettab	E kJ/kg	E kJ/kg								
si1	0.957	7.599	0.12	579.240	58.13	2.672	3.237	734.582	1.018	VERO	734.58		74.96	703.12	92.60%	88.97%	24.91%	579.24	0.95718
si2	0.964	7.61296	0.15	582.910	58.56	2.691	3.261	732.954	1.019	VERO	732.95		74.79	706.66	92.67%	89.01%	24.92%	582.91	0.96412
si3	0.973	7.5574	0.15	579.240	58.25	2.716	3.290	727.367	1.023	FALSO	-		-	-	-	-	-	-	-
si4	0.973	7.63148	0.12	601.240	60.15	2.716	3.290	737.776	1.016	VERO	737.78		75.28	717.71	92.93%	90.14%	25.24%	601.24	0.9728
si5	0.978	7.6546	0.135	606.740	60.78	2.730	3.308	738.569	1.015	VERO	738.57		75.36	722.33	93.03%	90.29%	25.28%	606.74	0.97801
si6	0.999	7.7009	0.15	610.406	60.94	2.789	3.380	741.622	1.013	VERO	741.62		75.68	741.10	93.06%	88.51%	24.78%	610.41	0.99929
si7	0.985	7.7125	0.12	601.240	60.02	2.750	3.332	745.833	1.010	VERO	745.83		76.11	734.83	92.91%	88.06%	24.66%	601.24	0.98524
si8	0.968	7.73796	0.15	584.743	58.74	2.703	3.274	745.440	1.010	VERO	745.44		76.07	721.71	92.70%	87.40%	24.47%	584.74	0.96817
si10	0.958	7.71945	0.12	586.576	58.74	2.674	3.239	746.625	1.010	VERO	746.62		76.19	715.08	92.70%	88.49%	24.78%	586.58	0.95775
si11	0.949	7.6731	0.12	579.243	58.19	2.649	3.210	742.021	1.013	VERO	742.02		75.72	704.23	92.61%	88.82%	24.87%	579.24	0.94907
si12	0.951	7.67315	0.15	579.243	57.58	2.654	3.216	739.019	1.015	VERO	739.02		75.41	702.67	92.51%	89.11%	24.95%	579.24	0.95081
si13	0.963	7.6268	0.15	571.911	57.71	2.688	3.257	734.342	1.018	VERO	734.34		74.93	707.14	92.53%	87.41%	24.47%	571.91	0.96296
si14	0.945	7.6361	0.12	571.912	57.71	2.638	3.196	738.335	1.015	VERO	738.33		75.34	697.74	92.53%	88.59%	24.80%	571.91	0.94502
si15	0.943	7.6245	0.12	573.745	57.52	2.633	3.190	737.181	1.016	VERO	737.18		75.22	695.37	92.50%	89.20%	24.98%	573.74	0.94329
si16	0.951	7.61769	0.12	571.912	57.52	2.654	3.216	736.474	1.017	VERO	736.47		75.15	700.25	92.50%	88.30%	24.72%	571.91	0.95081
si17	0.952	7.6361	0.15	575.577	57.77	2.657	3.220	735.311	1.017	VERO	735.31		75.03	699.99	92.54%	88.86%	24.88%	575.58	0.95197
si18	0.951	7.4833	0.15	568.245	57.04	2.656	3.218	720.033	1.028	FALSO	-		-	-	-	-	-	-	-
si19	0.960	7.4555	0.15	571.912	57.22	2.680	3.247	717.222	1.030	FALSO	-		-	-	-	-	-	-	-
si20	0.986	7.6083	0.12	604.906	60.88	2.753	3.335	735.410	1.017	VERO	735.41		75.04	725.20	93.05%	89.64%	25.10%	604.91	0.98611
si21	1.002	7.6885	0.12	619.571	62.16	2.796	3.388	741.373	1.013	VERO	741.37		75.65	742.66	93.25%	89.46%	25.05%	619.57	1.00174
si22	0.990	7.65	0.12	608.573	61.37	2.764	3.349	739.565	1.014	VERO	739.57		75.47	732.29	93.13%	89.24%	24.99%	608.57	0.99016
si23	0.981	7.60833	0.15	597.574	60.15	2.740	3.319	732.430	1.019	VERO	732.43		74.74	718.87	92.93%	89.45%	25.05%	597.57	0.98148
si24	0.990	7.5759	0.15	597.574	59.66	2.764	3.349	729.155	1.022	FALSO	-		-	-	-	-	-	-	-
si25	0.963	7.6963	0.15	593.908	59.23	2.688	3.257	741.292	1.013	VERO	741.29		75.64	713.84	92.78%	89.67%	25.11%	593.91	0.96296
si26	0.974	7.69167	0.12	586.576	59.17	2.719	3.294	743.790	1.012	VERO	743.79		75.90	724.42	92.77%	87.28%	24.44%	586.58	0.97396
si27	1.063	7.5921	0.15	656.232	65.76	2.968	3.595	730.502	1.021	FALSO	-		-	-	-	-	-	-	-
medie										739.04			75.41	715.58	92.77%	88.85%	24.88%	589.89	0.968

Tab. III-4 - Centrale di Simbirizzi - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a Q=1.0 m³/s



file	Lettura		Calcoli										P	Q				
	Q m³/s	P1 bar	P2 bar	P kW	I A	V1 m/s	V2 m/s	E kJ/kg	(Esp/E) <sup>1/2</sup>	accettab	E kJ/kg	H m			Ph kW	eta gen %	eta turb %	eta pond %
si31	1.223	7.4231	0.15	755.216	75.21	3.415	4.137	712.934	1.017	VERO	712.93	72.75	872.19	95.05%	91.09%	33.70%	755.22	1.22338
si32	1.228	7.4277	0.12	757.050	75.46	3.427	4.152	716.375	1.015	VERO	716.37	73.10	879.51	95.08%	90.53%	33.49%	757.05	1.22772
si33	1.224	7.4185	0.15	755.216	75.27	3.417	4.139	712.472	1.018	VERO	712.47	72.70	872.04	95.06%	91.10%	33.71%	755.22	1.22396
si34	1.215	7.48796	0.12	751.550	75.27	3.391	4.108	722.459	1.011	VERO	722.46	73.72	877.57	95.06%	90.09%	33.33%	751.55	1.2147
si35	1.217	7.437	0.12	751.550	74.76	3.397	4.116	717.353	1.014	VERO	717.35	73.20	873.03	95.00%	90.62%	33.53%	751.55	1.21701
si36	1.204	7.4648	0.15	744.218	73.93	3.362	4.073	717.189	1.014	VERO	717.19	73.18	863.70	94.90%	90.80%	33.60%	744.22	1.20428
si37	1.201	7.44629	0.12	740.552	73.90	3.353	4.062	718.352	1.013	VERO	718.35	73.30	862.81	94.90%	90.45%	33.47%	740.55	1.2011
si39	1.203	7.4	0.12	733.220	73.08	3.358	4.069	713.714	1.017	VERO	713.71	72.83	858.69	94.79%	90.08%	33.33%	733.22	1.20313
si40	1.181	7.41389	0.15	736.886	73.63	3.297	3.995	712.198	1.018	VERO	712.20	72.67	841.20	94.86%	92.34%	34.17%	736.89	1.18113
si41	1.176	7.4046	0.15	729.553	73.02	3.283	3.977	711.292	1.018	VERO	711.29	72.58	836.43	94.79%	92.02%	34.05%	729.55	1.17593
si42	1.210	7.4092	0.15	733.220	73.26	3.378	4.092	711.603	1.018	VERO	711.60	72.61	861.09	94.82%	89.81%	33.23%	733.22	1.21007
si43	1.198	7.42315	0.15	733.220	73.02	3.346	4.053	713.049	1.017	VERO	713.05	72.76	854.59	94.79%	90.52%	33.49%	733.22	1.1985
si44	1.174	7.40926	0.15	733.220	73.20	3.278	3.971	711.765	1.018	VERO	711.77	72.63	835.75	94.81%	92.54%	34.24%	733.22	1.17419
si45	1.174	7.4	0.12	729.554	72.90	3.278	3.971	713.839	1.017	VERO	713.84	72.84	838.18	94.77%	91.84%	33.98%	729.55	1.17419
si46	1.214	7.4046	0.15	744.218	74.60	3.389	4.106	711.125	1.019	VERO	711.13	72.56	863.39	94.98%	90.75%	33.58%	744.22	1.21412
si47	1.189	7.4	0.15	747.884	74.73	3.320	4.022	710.774	1.019	VERO	710.77	72.53	845.28	95.00%	93.14%	34.46%	747.88	1.18924
si48	1.221	7.4	0.12	744.218	74.24	3.409	4.130	713.635	1.017	VERO	713.63	72.82	871.39	94.94%	89.96%	33.29%	744.22	1.22106
si49	1.218	7.46945	0.15	744.218	74.27	3.400	4.120	717.592	1.014	VERO	717.59	73.22	874.15	94.94%	89.67%	33.18%	744.22	1.21817
si50	1.208	7.4555	0.12	736.886	73.54	3.373	4.087	719.241	1.013	VERO	719.24	73.39	869.08	94.85%	89.39%	33.08%	736.89	1.20833
si51	1.196	7.44167	0.15	736.886	73.51	3.339	4.046	714.911	1.016	VERO	714.91	72.95	855.16	94.85%	90.85%	33.61%	736.89	1.19618
si52	1.191	7.46482	0.15	729.554	72.90	3.325	4.028	717.248	1.014	VERO	717.25	73.19	854.22	94.77%	90.12%	33.34%	729.55	1.19097
si53	1.201	7.40463	0.12	740.552	74.05	3.354	4.063	714.184	1.016	VERO	714.18	72.88	858.01	94.91%	90.93%	33.65%	740.55	1.20139
si54	1.206	7.46944	0.15	736.886	73.26	3.367	4.079	717.645	1.014	VERO	717.65	73.23	865.49	94.82%	89.80%	33.22%	736.89	1.20602
si55	1.188	7.49259	0.15	736.886	73.69	3.315	4.016	720.041	1.012	VERO	720.04	73.47	855.05	94.87%	90.84%	33.61%	736.89	1.1875
si56	1.193	7.43935	0.15	733.220	72.47	3.331	4.036	714.692	1.016	VERO	714.69	72.93	852.83	94.72%	90.77%	33.59%	733.22	1.19329
si57	1.193	7.41389	0.12	725.888	72.22	3.331	4.036	715.146	1.016	VERO	715.15	72.97	853.37	94.69%	89.84%	33.24%	725.89	1.19329
si58	1.172	7.40926	0.15	722.222	71.92	3.271	3.963	711.775	1.018	VERO	711.78	72.63	834.11	94.65%	91.48%	33.85%	722.22	1.17188
si59	1.191	7.42315	0.135	722.222	72.38	3.324	4.027	714.583	1.016	VERO	714.58	72.92	850.84	94.70%	89.63%	33.16%	722.22	1.19068
si60	1.204	7.42135	0.15	725.888	72.14	3.362	4.073	712.844	1.017	VERO	712.84	72.74	858.46	94.67%	89.31%	33.05%	725.89	1.20428
si61	1.205	7.43241	0.12	725.888	72.47	3.363	4.075	716.947	1.014	VERO	716.95	73.16	863.82	94.72%	88.72%	32.83%	725.89	1.20486
si62	1.183	7.41852	0.15	725.888	72.35	3.304	4.002	712.651	1.018	VERO	712.65	72.72	843.39	94.70%	90.88%	33.63%	725.89	1.18345
si63	1.191	7.42315	0.15	725.888	72.29	3.325	4.028	713.082	1.017	VERO	713.08	72.76	849.26	94.69%	90.26%	33.40%	725.89	1.19097
si64	1.198	7.40463	0.12	738.720	73.81	3.344	4.051	714.200	1.016	VERO	714.20	72.88	855.55	94.88%	91.00%	33.67%	738.72	1.19792
si65	1.214	7.4	0.12	736.886	73.44	3.389	4.106	713.665	1.017	VERO	713.67	72.82	866.48	94.84%	89.67%	33.18%	736.89	1.21412
si66	1.207	7.39074	0.15	736.886	73.57	3.370	4.083	709.770	1.020	VERO	709.77	72.43	856.82	94.85%	90.67%	33.55%	736.89	1.20718
													medie					
													714.58					
													72.92					
													857.80					
													94.85%					
													90.61%					
													33.53%					

Tab. III-5 - Centrale di Simbirizzi - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a Q=1.2 m³/s

file	Lettura		Calcoli										P kW	Q m³/s			
	P1 bar	P2 bar	P kW	I A	V1 m/s	V2 m/s	E kJ/kg	(Esp/E) <sup>1/2</sup> -	E kJ/kg	H m	Ph kW	eta gen %			eta turb %	eta pond %	
si71	1.457	7.23796	0.15	898.195	89.37	4.068	4.928	693.278	1.012	VERO	70.74	1010.23	96.46%	92.17%	32.26%	898.20	1.45718
si72	1.446	7.20555	0.12	894.528	88.94	4.037	4.891	693.095	1.012	VERO	70.72	1002.34	96.43%	92.55%	32.39%	894.53	1.44618
si73	1.420	7.23334	0.12	876.198	87.05	3.963	4.801	696.013	1.010	VERO	71.02	988.03	96.27%	92.12%	32.24%	876.20	1.41956
si74	1.407	7.17778	0.15	868.865	86.62	3.928	4.759	687.521	1.016	VERO	70.15	967.42	96.23%	93.33%	32.67%	868.87	1.40712
si75	1.424	7.17778	0.15	872.532	86.68	3.974	4.815	687.436	1.016	VERO	70.15	978.64	96.24%	92.64%	32.43%	872.53	1.42361
si76	1.401	7.12685	0.12	861.533	85.77	3.911	4.738	685.459	1.018	VERO	69.94	960.36	96.16%	93.30%	32.65%	861.53	1.40104
si77	1.380	7.17778	0.15	861.533	85.40	3.853	4.668	687.658	1.016	VERO	70.17	949.11	96.12%	94.43%	33.05%	861.53	1.38021
si78	1.394	7.17778	0.15	861.533	85.58	3.890	4.713	687.591	1.016	VERO	70.16	958.17	96.14%	93.52%	32.73%	861.53	1.39352
si79	1.376	7.21019	0.15	861.533	85.64	3.841	4.654	690.919	1.014	VERO	70.50	950.81	96.15%	94.24%	32.98%	861.53	1.37616
si80	1.390	7.21482	0.12	861.533	85.64	3.880	4.701	694.312	1.011	VERO	70.85	965.13	96.15%	92.84%	32.50%	861.53	1.39005
										medie	70.44	973.02	96.23%	93.12%	32.59%	871.80	1.409

Tab. III-6 - Centrale di Simbirizzi - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a Q=1.4 m³/s

file	Letture		Calcoli							
	Q	P	I	V1	V2	E	H	Ph	eta gen	Psp
	mc/s	bar	bar	m/s	m/s	kJ/kg	m	kW	%	kW
si203	2.400	6.1200	0.12	1204.000	118.74	6.699	58.964	1386.85	97.56%	982.17
si203	2.400	6.1200	0.12	1204.000	118.74	6.699	58.964	1386.85	97.56%	982.17

Tab. III-7 - Centrale di Simbirizzi - Misure e calcoli di potenza resa ad apertura 90%

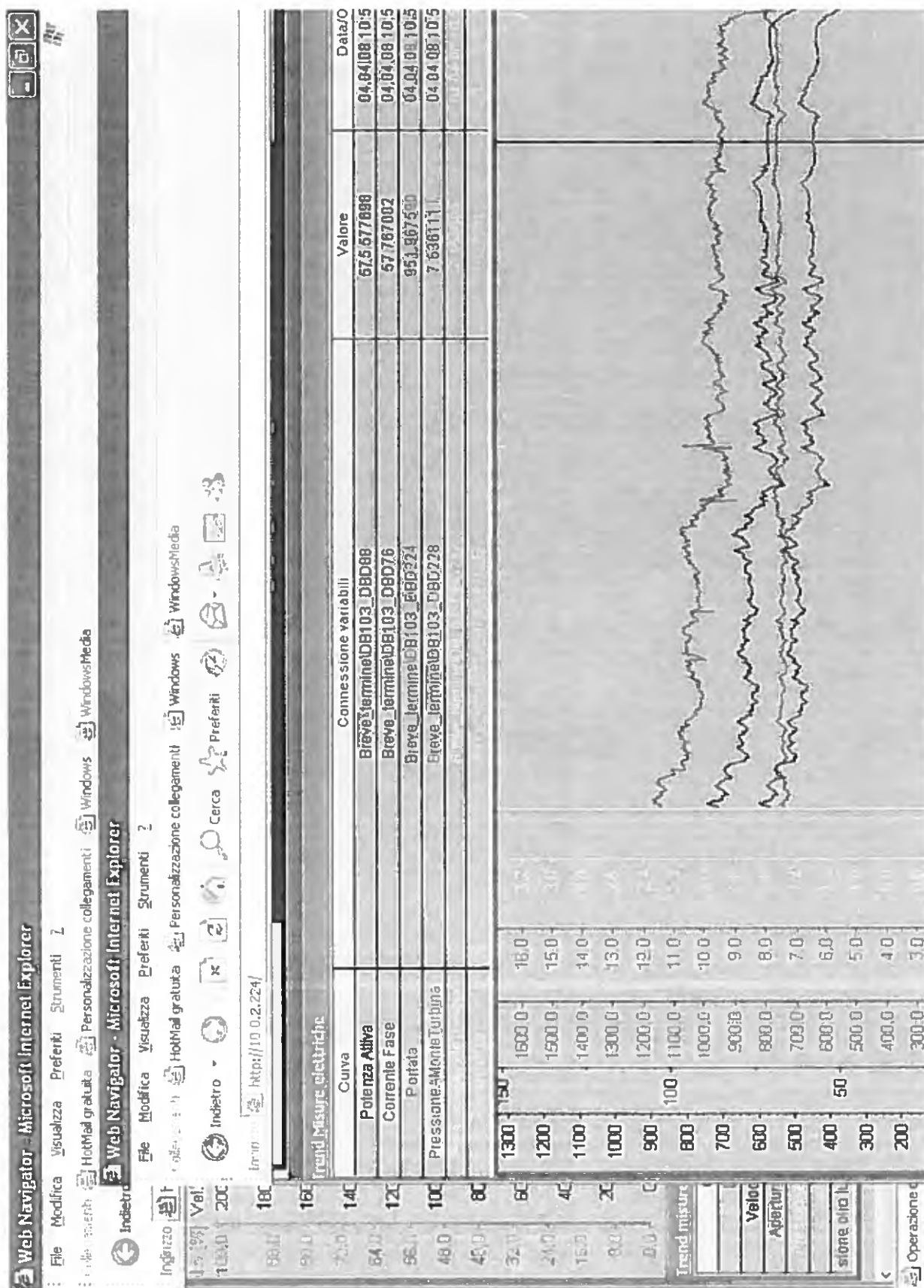


Fig. III-4 - Centrale di Simbirizzi - Misure rappresentative per il punto di prova a  $Q=1.0 \text{ m}^3/\text{s}$  (file si17)



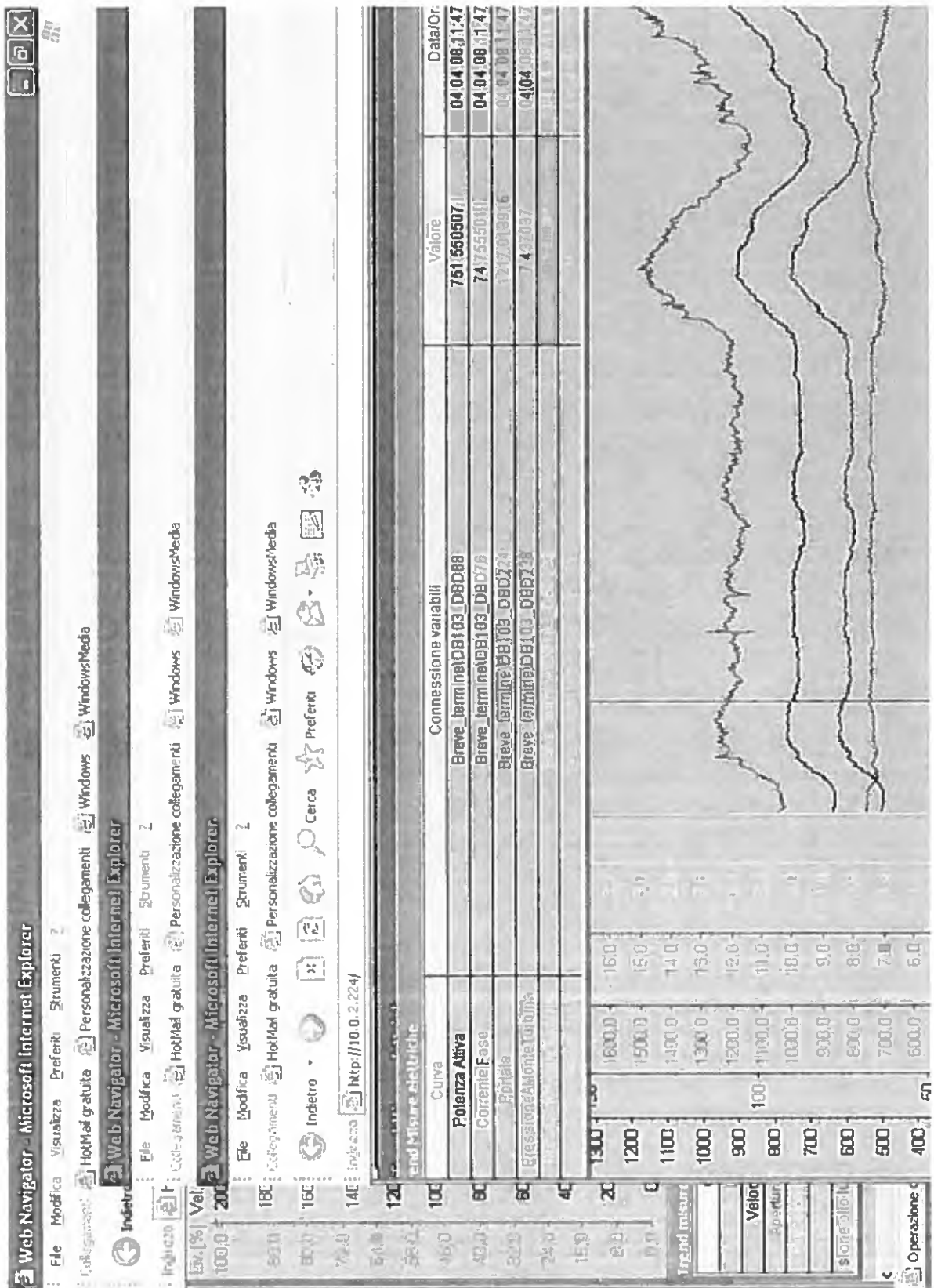


Fig. III-5 - Centrale di Simbirizzi - Misure rappresentative per il punto di prova a  $Q=1.2 \text{ m}^3/\text{s}$  (file si35)

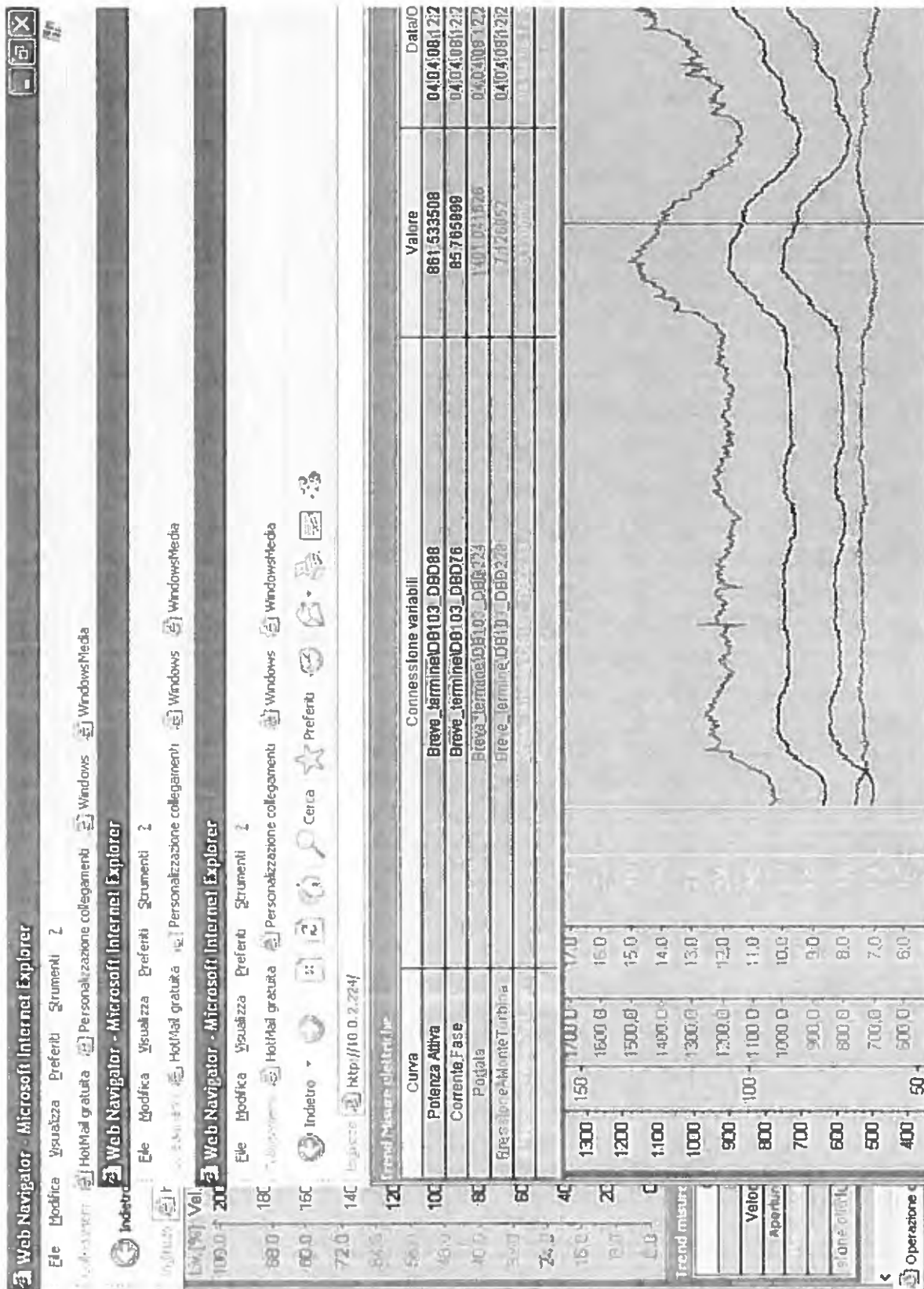


Fig. III-6 - Centrale di Simbirizzi - Misure rappresentative per il punto di prova a  $Q=1.4 \text{ m}^3/\text{s}$  (file si76)

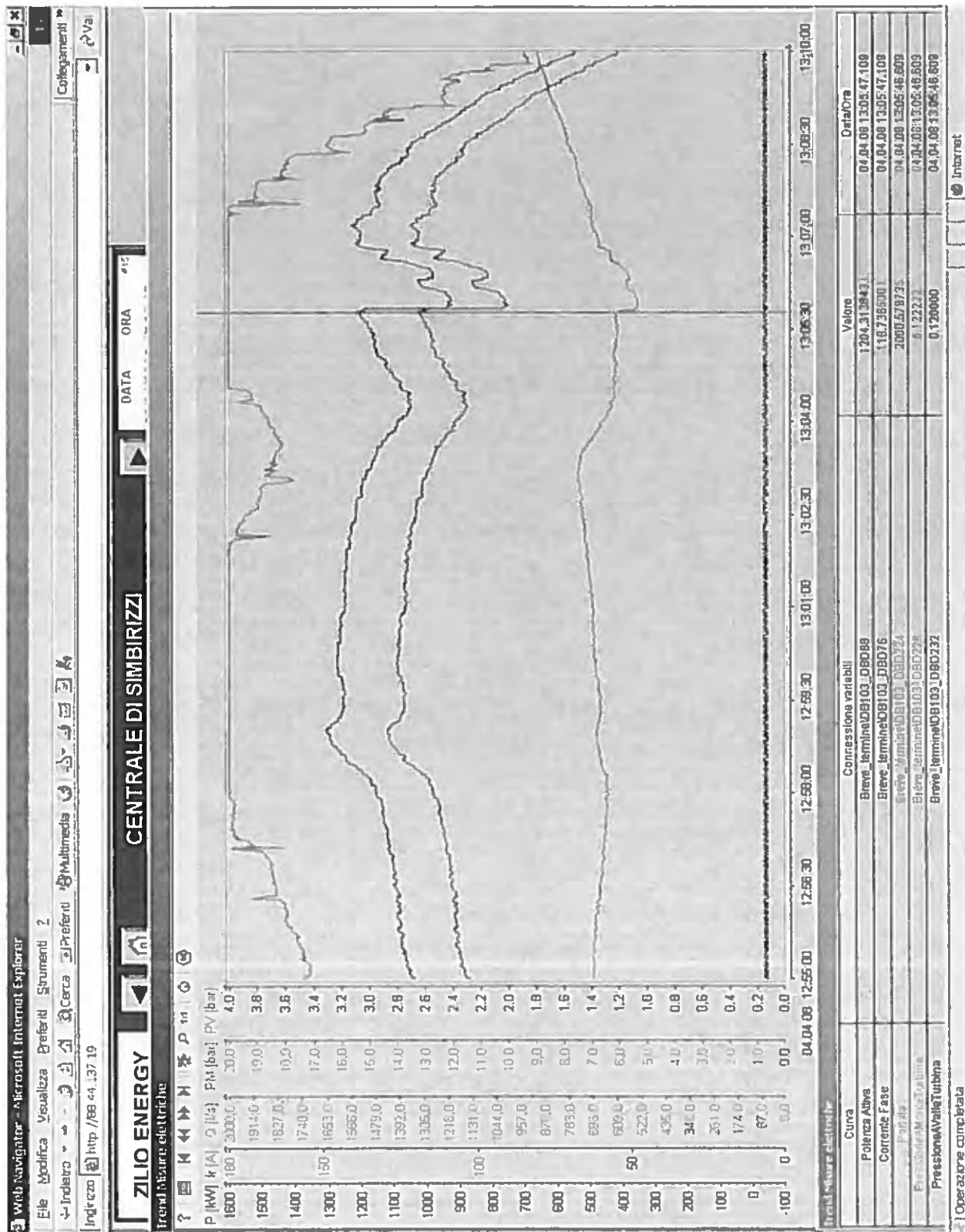


Fig. III-7 - Centrale di Simbirizzi - Misure rappresentative per la potenza resa ad apertura 90% (file si203)



**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALI IDROELETTRICHE ENAS DI SIMBIRIZZI E S. LORENZO(CA)**

**VERBALE DEL SOPRALLUOGO IN OFFICINA ESEGUITO IN DATA 04.08.2006**

Il giorno 04/08/2006 si è svolto un sopralluogo presso la sede ACOM in Roncade per il controllo della fornitura delle valvole a farfalla; presenti

- ing. Rocchino (ACMO)
- ingg. Calvo e Villa (IDIT)
- p.i. Civetta e ing. Molteni (ELECA)

Prove effettuate:

1. Esame visivo apparecchiature e verifica materiali
2. Prova di tenuta valvola DN 1000 PN 6: secondo normativa a 1,1 PN, eseguita fino a 1,5 PN per collaudare anche il corpo a monte della tenuta
3. Prova di tenuta valvola DN 1600 PN 6: secondo normativa a 1,1 PN, eseguita fino a 1,5 PN per collaudare anche il corpo a monte della tenuta
4. Prova di pressione valvola DN 700 PN 16 a contrappeso: secondo normativa eseguita a 1,5 PN
5. Prova di movimentazione valvola DN 1000 PN 6
6. Prova di movimentazione valvola DN 500 PN 16 a contrappeso: pressione di chiusura a 150 bar; apertura: rilevata posizione della lente non orizzontale, ma inclinata di una decina di gradi circa, probabilmente derivata da una corsa del cilindro troppo piccola.
7. Verifica spessori protezione superficiale: mediamente intorno ai 500 micron su ogni valvola; minimo rilevato: 300 micron; massimo rilevato: 800 micron. (minimo richiesto: 280 micron).
8. Verifica dimensionale valvola DN 1000 PN 16 a contrappeso: si sono rilevati i seguenti ingombri che saranno da verificare col manufatto in opera:
  - lunghezza tra asse rotazione valvola e contrappeso: 1500 mm
  - lunghezza tra asse rotazione valvola e servomotore: 1100 mm
  - (lunghezza complessiva: 2600 mm)
  - larghezza in pianta tra i due contrappesi: 2400 mm

NOTE:

1. Per quanto riguarda la posizione non corretta della lente del DN 500 a contrappeso, essendo questa una valvola di by-pass di centrale, destinata ad essere installata su una linea di dissipazione di carico, la incompleta apertura non influisce dal punto di vista impiantistico, anche se può avere una rilevanza dal punto di vista della possibile cavitazione. Si è comunque deciso di non ostare al suo positivo collaudo.  
Diverso il discorso per le valvole di macchina: queste dovranno avere una corretta apertura per evitare perdite di carico.

2. Data l'assenza di by-pass delle valvole di macchina, questo dovrà essere realizzato tra la condotta e la cassa spirale. Occorrerà tenerne conto nella realizzazione della cassa spirale.
3. Per quanto riguarda i certificati dei materiali, occorrerà un'integrazione per quanto riguarda il materiale della lente, che non è dichiarato.
4. Mancano le schede relative ai prodotti di pitturazione impiegati (per eventuali ripristini e manutenzioni future)

Si allegano alla presente:

- Verbale di collaudo ACOMO
- Certificati materiali
- Certificato di taratura spessimetro
- Certificato di taratura manometro

Roncade, 04 agosto 2006

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Stefano Calvo', is written next to the stamp.

## VERBALE DI COLLAUDO

Oggetto: Lavori di mantenimento in servizio delle Centrali di Uvini e Santu Miali e di realizzazione di due centrali idroelettriche nell'ambito del nuovo acquedotto che collega il lago Mulargia agli impianti di potabilizzazione dell'area di Cagliari.

Minicentrali idroelettriche di S. Lorenzo e Simbirizzi

Forniture di apparecchiature idrauliche di varie tipologie

Impresa: Zilio S.P.a. – Via Ferrarin, 71 – 36022 Cassola (VI)

Contratto: Ordine nr.210/2006 del 16/03/2006

### Verbale di collaudo in stabilimento di produzione per l'accettazione della fornitura

Per l'esecuzione dei lavori in oggetto è prevista la fornitura di apparecchiature idrauliche come da elenco di seguito descritto.

A seguito della comunicazione dell'Appaltatore di avere commissionato la fornitura in oggetto, l'Ufficio di Direzione dei Lavori ha disposto di effettuare, nel giorno 04 del mese di Agosto 2006, il collaudo della fornitura di valvole a farfalla con attuatore elettrico e oleodinamico e giunti di smontaggio nello stabilimento di produzione della AC.MO S.p.A., sito in Roncade (TV) indicato dall'Appaltatore.

I sottoscritti ing. Calvo e ing. Villa per la Direzione Lavori, il P.I. Civetta e l'ing. Molteni per il committente "ELECA", con l'assistenza continua dell'ing. Luciano Rocchino Direttore Tecnico della AC.MO S.p.A., hanno proceduto, in data 04 Agosto 2006, al collaudo della fornitura in oggetto, nello stabilimento di produzione, allo scopo di verificare la qualità del materiale, la conformità dello stesso alle prescrizioni del capitolato speciale d'appalto, le modalità di realizzazione, nonché di effettuare tutte le prove previste dalle normative vigenti.

La fornitura in oggetto riguarda le seguenti tipologie

#### 1. VALVOLA A FARFALLA PN16 CON LEVA E CONTRAPPESO E PISTONE OLEODINAMICO

N° 01	DN 700 (contrappeso chiude)
N° 01	DN 600 (contrappeso chiude)
N° 01	DN 1000 (contrappeso apre)
N° 01	DN 500 (contrappeso apre)





2. GIUNTI DI SMONTAGGIO PN16

N° 01	DN 500
N° 01	DN 600
N° 01	DN 700
N° 02	DN 1000
N° 01	DN 1600

3. VALVOLE A FARFALLA PN16 CON ATTUATORE ELETTRICO E TELEINVERTITORE

N° 01	DN 1000
N° 01	DN 1600

Operazioni di collaudo

Le prove di pressurizzazione sono state eseguite sulla valvola a farfalla con attuatore elettrico e teleinvertitore DN 1600 e DN 1000 e sulla valvola a farfalla con leva e contrappeso e pistone oleodinamico DN 700.

Per quanto riguarda le valvole DN 1000 e DN 1600 sono state effettuate le seguenti prove:

\* Prova di tenuta della sede ad una pressione pari a 8 bar ( $>1.1 \text{ PN6}$ ) per un tempo pari a 120 secondi.

\* Prova di tenuta del corpo ad una pressione pari a 10 bar ( $> 1.5 \text{ PN6}$ ) per un tempo pari a 180 secondi.

Per quanto riguarda la valvola a farfalla DN 700 è stata effettuata la seguente prova:

\* Prova di tenuta del corpo ad una pressione pari a 24 bar ( $= 1.5 \text{ PN16}$ ) per un tempo pari a 180 secondi.

Le prove sopra descritte sono state eseguite in conformità alla norma UNI EN 12266-1:Aprile 2004.

Il risultato è positivo.

Sc  
H  
Q

#### Prove di movimentazione

E' stata eseguita una prova di manovra apertura e chiusura della valvola a farfalla DN 500 con leva e contrappeso e pistone oleodinamico e una prova di manovra di apertura e chiusura della valvola a farfalla DN 1000 con attuatore elettrico.

Il risultato è positivo.

#### Controlli visivi

Tutti i campioni esaminati riportano la marcatura prevista dalla normativa di riferimento.

Le superfici interne ed esterne delle apparecchiature si presentano lisce, pulite ed esenti da rigature, cavità ed altri difetti superficiali che possono influire sulla conformità delle valvole alla norma. Lo spessore della verniciatura risulta essere maggiore rispetto a quanto indicato nelle specifiche tecniche di Capitolato.

#### Certificati allegati

- Certificato materiali con analisi chimiche e fisiche;
- Certificato di taratura del Manometro Campione;
- Certificato di taratura dello spessimetro;

#### Conclusioni

Il giorno 04 del mese di Agosto alle ore 16:30, sulla base delle prove effettuate e dei risultati positivi ottenuti, gli intervenuti con il presente atto

**ACCETTANO E COLLAUDANO (con riserva da sciogliersi al momento del collaudo finale in cantiere) E AUTORIZZANO LA SPEDIZIONE DELLA FORNITURA SOPRAINDICATA.**

Di quanto sopra si è redatto il presente verbale che, previa lettura e conferma, viene sottoscritto dalle parti nelle rispettive qualità.

#### Direzione Lavori:

ing. Calvo



ing. Villa



Committente: "ELECA"

P.I. Civetta 

Ing. Molteni 

Per la ditta AC.MO S.p.A.:

ing. Luciano Rocchino 

Roncade , 04 Agosto 2006.



	<b>MATERIALS AND TEST CERTIFICATE</b>	
	No.	126/2006
	Date	28/07/2006

File n°

SE-18479/06, SE-18304/06

Customer

AC.MO S.p.A.  
Via T.Da Modena, 28 z.i.  
31056 Roncade (TV) - ITALY

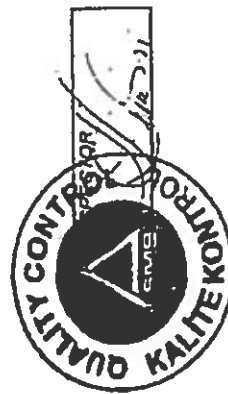
**BUTTERFLY VALVE**

Heat No.	Qty	Serial No.	Description	Size mm	PN kg/cm <sup>2</sup>	Material Grade					Hyd. Test			Coating	
						Body	Shaft	Body Seal	Disc Seal		Shell	Seat		Inner	Outer
W11	1		BUTTERFLY VALVE WITH COUNTER WEIGHT	500	16	Fe 510	X20Cr13	AISI 420	EPDM		24	17,6		EPOXY	EPOXY
W12	1		BUTTERFLY VALVE WITH COUNTER WEIGHT	600	16	Fe 510	X20Cr13	AISI 420	EPDM		24	17,6		EPOXY	EPOXY
W13	1		BUTTERFLY VALVE WITH COUNTER WEIGHT	700	16	Fe 510	X20Cr13	AISI 420	EPDM		24	17,6		EPOXY	EPOXY
W14	1		BUTTERFLY VALVE WITH COUNTER WEIGHT	1000	16	Fe 510	X20Cr13	AISI 420	EPDM		24	17,6		EPOXY	EPOXY
W15	1		BUTTERFLY VALVE	1000	16	Fe 510	X20Cr13	AISI 420	EPDM		24	17,6		EPOXY	EPOXY
W16	1		BUTTERFLY VALVE	1600	16	Fe 510	X20Cr13	AISI 420	EPDM		24	17,6		EPOXY	EPOXY

Above tests have been carried on each item separately and it has been found that all items were complying to requirements.

We hereby certified that the goods covered by your order mentioned above conformed to the order's specifications with regard to quality and quantity.

Figures given above for properties are true and conveyed from suppliers reports.





**SAMSUN MACHINERY INDUSTRIES CO.**

S.1.9 EN 10204

**Laboratory Test Certificate****Chemical Composition OBLF - Spectrometer**

Date/Time : 17.07.2006/16.15  
Material : Fe 510  
Heat Nr : W 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16  
Company : ACMO

	C	Si	Mn	P	S	Mg	N	Cu
Reference	≤ 0,24	0,55	≤ 1,6	0,035	0,035	remnant	0,010	Max. 0,55
Actual	0,20	0,33	0,99	0,012	0,011	-	0,010	0,027

**MECHANICAL TEST :**

	EN 10025	Actual
Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	590	
Yield Strenght (N/mm <sup>2</sup> )	440	
Elongation (%)	27	

Labor. Chief



TOTAL P.03



CENTRO DI CERTIFICAZIONE E TEST  
DI "REVERTEC" TECNOLOGIA

## Centro di taratura Calibration Centre

via Pezza Alta, 34  
31046 Rustignè di Oderzo (TV)  
Tel. 0422-852016  
Fax 0422-852058

Rapporto di taratura n° 354/05  
*Report of Calibration*

E' costituito da 4 pagine  
*number of page*  
- in data 2005.03.15  
*date*  
- destinatario AC.MO. S.p.a.  
*addressee* Via Tommaso da Modena, 28 - 31056 Roncade (TV)  
- richiesta 410  
*application*  
- in data 2005.03.08  
*date*

Si riferisce a  
*referring to*

- oggetto Spessimetri e misuratore di spessore  
*item*  
- costruttore Namicon  
*manufacturer*  
- modello Twin-Check  
*model*  
- matricola/e Misuratore di spessore : T1394 Spessori : Vedi Tabella  
*serial number*  
- data delle misure 2005.03.15  
*date of measurements*  
- campioni impiegati Macchina di misura longitudinale, Blocchetti pianparalleli,  
*standards utilized* Spessori di riferimento.

Responsabile del Centro  
*Head of the Centre*

F. Taffarelli

I risultati di misura riportati nel presente rapporto sono stati ottenuti applicando le procedure riportate alla pagina seguente insieme ai campioni di prima linea che iniziano la catena di riferibilità e ai rispettivi certificati validi di taratura.

*The measurement results reported in this report were obtained following procedures reported in following page together with first standards which begin the traceability chain and their valid certificates of calibration.*

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono espresse come due volte lo scarto tipo (corrispondente, nel caso di distribuzione normale, ad un livello di confidenza del 95 %).

*The measurement uncertainties stated in this document are estimated at the level of twice the standard deviation (corresponding, in the case of normal distribution, to a confidence level of 95 %).*

La riproduzione del presente documento è ammessa solo in copia conforme integrale. Può essere ammessa solo la riproduzione parziale e la semplice citazione soltanto a seguito di autorizzazioni scritte del Centro di Taratura, da riportare con i relativi numeri di protocollo in testa alla riproduzione o alla citazione medesima.

*This document may be reproduced only in full. It may be partially reproduced only with the written approval of the relevant the Calibration Centre, together with the quotation of the reference number of the same written approval.*

### TARATURA DEL SPESSIMETRO

Rapporto di taratura n° 354/05  
*Report of Calibration*

### RIFERIBILITA'

I risultati di misura riportati nel presente rapporto sono stati ottenuti applicando le procedure N. PDT 10.31  
*The measurement results reported in this report were obtained following procedures No.*

La catena di riferibilità ha inizio dai campioni di prima linea N. COD.TT N° 2755  
*Traceability is through first line standards No.* COD.TT N° 2758

Muniti di certificati validi di taratura rispettivamente N. LTF Sud SIT N°  
*Validated by certificates of calibration No.* Lambda Namas N° N 7411

### MODALITA' DI TARATURA DEL SPESSIMETRO

- I. La taratura del spessimetro è stata eseguita con spessori di riferimento campioni, mentre gli spessori a corredo dello strumento con la macchina di misura longitudinale DMS Joint avente unità di formato (risoluzione) di 0,1  $\mu\text{m}$ .
- II. Nella tabella allegata sono riportati :
  - A. Valore nominale al centro dei campioni.
  - B. Media delle rilevazioni effettuate con lo spessimetro su 10 misure.
  - C. Deviazione Standard delle rilevazioni effettuate con lo spessimetro su 10 misure.
  - D. Scostamento al centro dei spessori.
  - E. Massima variazione di lunghezza rilevata dei spessori.
  - F. Scostamento medio dei spessori.
  - G. Eventuali note.
- III. L'incertezza di misura associata alle misure di lunghezza, calcolata utilizzando un fattore di copertura  $k=2$  e corrispondente ad un livello di confidenza del 95% è di :
  - A. Spessimetri :  $(2+5L) \mu\text{m}$ .
  - B. Spessimetro :  $(2+5L) \mu\text{m}$ .

Dove : "L" è lo spessore nominale espresso in metri

### NOTA 1

Il calcolo delle incertezze di misura è stato effettuato in conformità alle indicazioni contenute nella UNI CEI ENV 13005.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

UNI 314 del 1970	Temperatura di riferimento per misure dimensionali
UNI 4546 del 1984	Misure e misurazioni - termini e definizioni
UNI CEI ISO 31/0 del 1996	Arrotondamenti e presentazione dei valori numerici
UNI 9052 del 1987	Criteri base per le procedure di taratura dimensionale
UNI ISO 3650 del 1984	Blocchetti di riscontro pianparalleli
CNR UNI 10003 del 1984	Sistema internazionale di unità (SI).





CENTRO DI CERTIFICAZIONE E TEST  
DI "REF/60" TECNOLOGIA

via Pozza Alta, 3-4  
31046 Rustignè di Oderzo (TV)  
Tel. 0422-852016  
Fax 0422-852058

Centro di taratura  
Calibration Centre

Rapporto di taratura n° 354/05  
Report of Calibration

RAPPORTO DI TARATURA DEL MISURATORE DI SPESSORE

Numero di controllo : 117 Costruttore : Namicon  
Matricola dello strumento : T1394 Modello : Twin-Check  
Matricola dei spessori : Vedi Tabella Campo di misura : 0-1000  $\mu\text{m}$   
Condizioni ambientali di prova : Temperatura  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  ; Umidità minore del 55%.

Misuratore di spessore Fe

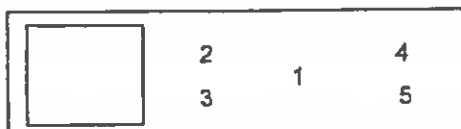
Valore nominale al centro in $\mu\text{m}$	Media su 10 misure in $\mu\text{m}$	Dev. ST su 10 misure in $\mu\text{m}$
11,8	10,83	0,27
23,4	22,08	0,20
50,2	49,31	0,23
* 50,2	49,96	0,21
123,6	121,80	0,42
248,0	239,90	0,57
* 248,0	248,10	0,32
500,6	512,10	1,73
995,4	1012,80	1,40
* 995,4	1007,00	1,05

Spessori di azzeramento

N° Matricola	Valore nominale in $\mu\text{m}$	Valore rilevato al centro in $\mu\text{m}$	Scostamento al centro in $\mu\text{m}$	Massima variazione in $\mu\text{m}$	Scostamento Medio in $\mu\text{m}$
101	101,0	102,7	1,9	0,5	1,6
9610616	117,0	120,7	3,2	1,0	3,4
294	294,0	296,0	1,4	0,6	1,7

Forza di misurazione 2,5N e diametro del tastatore di 7,8 mm

Schema dei punti di misura



Eventuali note: I punti su cui si è azzerato lo strumento sono indicati con un asterisco.

Tecnico di Laboratorio

Davidetti Diego

Data di emissione

2005.03.15

**CENTRO DI TARATURA 112**  
Calibration Centre

istituito da  
established by



Via della Libertà, 12  
30175 MARGHERA (VE)  
Tel 041 509 30 60  
Fax 041 509 31 06

LABORATORIO METROLOGICO VENETO - via della Libertà, 12 - 30175 Marghera VE - tel 041/509.30.60 - fax 041/509.31.06

Pagina 1 di 4  
Page 1 of 4

**CERTIFICATO DI TARATURA N. 4125.GP**  
Certificate of Calibration No. 4125.GP

- Data di emissione  
date of issue 10.03.2005  
- destinatario  
addressee AC.MO S.p.A. - TV  
- richiesta  
application Cert n° 546 - 03/RS/FT/Lz  
- in data  
date 08.03.2005

Il presente certificato di taratura è emerso in base all'accreditamento SIT N. 112 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). Il SIT garantisce le capacità di misura e le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali ed internazionali delle unità del Sistema Internazionale delle Unità (SI).  
Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

Si riferisce a  
Referring to  
- oggetto  
item Manometro a quadrante  
- costruttore  
manufacturer Wika  
- modello  
model 0 + 100 bar a secco, classe 0,25  
- matricola  
serial number N° Z70018C  
- data delle misure  
date of measurements 10.03.2005  
- registro di laboratorio  
laboratory reference VE.05.0247.GP

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation SIT No. 112 granted according to decrees regarding to the Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. SIT guarantees the measurement capability and metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).  
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni di prima linea da cui inizia la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura, in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the procedures given in the following page, where the reference standards are indicated as well, from which starts the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in their course of validity. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente al documento EA-4/02 e sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura  $k$  corrispondente ad livello di fiducia di circa il 95%. Normalmente tale fattore  $k$  vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to EA-4/02. They were estimated as extended uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor  $k$  corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor  $k$  is 2.

IL RESPONSABILE  
The Head  
Ing. Lucia Gigante

La riproduzione del presente documento è ammessa in copia conforme integrale. La riproduzione conforme parziale è ammessa soltanto a seguito di autorizzazione scritta del Laboratorio di Taratura, da riportare con i relativi numeri di protocollo in testa alla riproduzione medesima.

This document may be reproduced only in full. It may be partially reproduced only by written approval of the Laboratory, together with the quotation of the reference

**CENTRO DI TARATURA**  
*Calibration Centre*  
**N° 112**

istituito da  
*established by*  
**ASIT Instruments S.r.l.**

Certificato di taratura n. 4125.GP  
*Certificate of calibration no. 4125.GP*

Pagina 2 di 4  
*Page 2 of 4*

Di seguito, vengono riportate le seguenti informazioni:  
- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);  
- l'identificazione, delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;  
- i campioni di prima linea da cui ha inizio la catena della riferibilità del Centro;  
- gli estremi dei certificati di taratura di tali campioni e l'Ente che li ha emessi;  
- luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);  
- condizioni ambientali e di taratura;  
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

*In the following, information is reported about:*  
- *description of the item to be calibrated (if necessary);*  
- *technical procedures used for calibration performed;*  
- *reference standards from which traceability chain is originated in the Centre;*  
- *the data of calibration certificates of those standards and the Body who issued them;*  
- *site of calibration (if different from the Laboratory);*  
- *calibration and environmental conditions;*  
- *calibration results and their expanded uncertainty.*

I risultati riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure N. PT.D.GP.010 e PT.D.GP.011.

*The measurements results reported in this Certificate were obtained following procedures N. PT.D.GP.010 and PT.D.GP.011.*

La catena di riferibilità ha inizio dai campioni di prima linea N.GP.0210/0215/0213/0214.  
*Traceability is through first line standards N. GP.0210/0215/0213/0214.*

Muniti di certificati validi di taratura rispettivamente N. I.M.G.C. 148/2001, Cibe Sit 009/05.  
*Validated by certificates of calibration N. I.M.G.C. 148/2001, Cibe Sit 009/05.*

#### MODALITA' DI TARATURA

Taratura effettuata per confronto con il campione GP.0210.  
Posizione di montaggio: verticale.  
Pressione relativa.  
Fluidi di taratura: olio sebacate Di - 2 Ethylhexyl.  
La taratura è stata effettuata picchettando leggermente il manometro.

#### CONDIZIONI AMBIENTALI

Temperatura ambiente: $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ K}$	$U(t) = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
Umidità relativa: $50\text{ \%} \pm 20\text{ \%}$	$U(U_R) = 5\text{ \%}$
Pressione atmosferica: $1020,3\text{ mbar} \pm 1\text{ mbar}$	$U(P) = 0,05\text{ \%}$

#### RISULTATI DELLE MISURE

Sullo strumento in prova sono state eseguite le seguenti operazioni:  
- determinazione dell'errore d'indicazione (un ciclo di taratura);  
- i risultati di misura sono riportati nella tabella a seguire.

La validità dei risultati è riferita al momento e alle condizioni di taratura.

LO SPERIMENTATORE  
*Operator*

IL RESPONSABILE  
*The Head*  
Ing. Lucia Gigante

## TABELLA DEI VALORI RILEVATI

PRESSIONE DI RIFERIMENTO	VALORE INDICATO STRUMENTO IN PROVA	ERRORE INDICAZIONE
bar	bar	%
0	0	0
20,0277	20	-0,028
40,0210	40	-0,021
60,0142	60	-0,014
80,0080	80	-0,008
99,9672	100	0,033
99,9672	100	0,033
80,0080	80	-0,008
60,0142	60	-0,014
40,0210	40	-0,021
20,0277	20	-0,028
0	0	0

- Temperatura pistone-cilindro 19,9 °C
- Temperatura in prossimità dello strumento al termine misure 20,1 °C
- Divisione del manometro = 0,5 bar
- Risoluzione della lettura, pari a 1/4 della divisione = 0,125 bar

Per errore di indicazione % si intende la differenza tra l'indicazione dello strumento in taratura e la pressione di riferimento, espresso in percentuale dell'ampiezza campo di misura:

$$E = 100 \times (A - B) / C \quad \text{dove:}$$

E = Errore di indicazione

A = Valore indicato

B = Pressione di riferimento

C = Ampiezza del campo .

LO SPERIMENTATORE

*Operator*

IL RESPONSABILE

The Head  
Ing. Lucia Gigante



CENTRO DI TARATURA  
Calibration Centre  
N° 112

istituito da  
established by  
ASIT Instruments S.r.l.

Certificato di taratura n. 4125.GP  
Certificate of calibration no. 4125.GP

Pagina 4 di 4  
Page 4 of 4

### ERRORI DI INDICAZIONE MASSIMI RILEVATI (nel ciclo di misura)

$E_{\max \text{ pos.}} = 0,033 \%$   
 $E_{\max \text{ neg.}} = -0,028 \%$   
 $|E_{\max}| = 0,033 \%$

### INCERTEZZA DI MISURA DEL PROCEDIMENTO DI TARATURA

Gli errori di indicazione sono affetti dall'incertezza di misura del procedimento di taratura ( $U_I$ ) riportata in seguito.

L'incertezza di misura dello strumento in taratura  $U_I$  ( $k = 2$ ) è data da:

$$U_I = \sqrt{(U_p)^2 + (U_s)^2} \quad \text{dove:}$$

$U_p$  = Incertezza della pressione di riferimento =  $1 \times 10^{-4}$  P

$U_s$  = Incertezza dovuta all'indicazione dello strumento in taratura (risoluzione e ripetibilità):  
= 0,125 bar

$$U_I = 1 \times 10^{-4} P + 0,125 \text{ bar}$$

### INCERTEZZA DI MISURA DELLO STRUMENTO IN TARATURA

L'incertezza di misura dello strumento in taratura ( $k = 2$ ) è pari all'incertezza di misura del procedimento di taratura  $U_I$  se tramite opportune correzioni sono considerati gli errori di indicazione rilevati.

Nel caso in cui non si effettui alcuna correzione, l'incertezza di misura dello strumento in taratura  $U_m$  ( $k = 2$ ) è data da:

$$U_m = \sqrt{(U_I)^2 + (E_{\max})^2}$$

dove  $E_{\max}$  = errore di indicazione massimo positivo o negativo

LO SPERIMENTATORE



IL RESPONSABILE  
The Head  
Ing. Lucia Gigante



**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI SIMBIRIZZI (CA)**

**VERBALE DEL SOPRALLUOGO IN OFFICINA ESEGUITO IN DATA 16.10.2006**

Sopralluogo presso lo stabilimento GSA in Sovizzo (VI) il 16/10/2006

Presenti

- per il fornitore: sig. Toniolo (GSA)
- per la D.L.: ing. Calvo (IDIT)
- per l'appaltatore: sig. Marelli (ELECA); ing. Vicentini, sig. Sbalchiero, ing. Zacchè (ZILIO)

Il collaudo in officina ha riguardato l'effettuazione di alcune prove sulla girante dell'impianto di Simbirizzi; la girante dell'impianto di S. Lorenzo risultava ancora in fase di lavorazione. Entrambe le giranti sono state realizzate mediante fusione con stampo ceramico.

Prove effettuate sulla girante di Simbirizzi

1. Esame della documentazione
2. Esame liquidi penetranti 100%
3. Esame ultrasuoni sul mozzo
4. Verifica bilanciamento statico

L'esame ai liquidi penetranti ha dato esito assai soddisfacente, manifestandosi solo alcune indicazioni apprezzabili e comunque di diametro ridotto; la girante è risultata rientrare all'interno della classe 2 delle normative CCII.

L'esame ad ultrasuoni sul mozzo non ha evidenziato apprezzabili singolarità.

Il bilanciamento statico è risultato essere contenuto all'interno della classe 2.5 UNI 1940 come prescritto da Specifiche Tecniche allegate al Capitolato Speciale di Appalto.

La documentazione relativa all'analisi di colata indica la conformità del materiale alle specifiche richieste.

In conclusione, viene accettata la fornitura della girante dell'impianto di Simbirizzi.

Si allegano alla presente:

- Certificato GSA n. 1610/2006 (analisi di colata e prove meccaniche)
- Certificato GSA n. 1611/2006 (esame magnetoscopico)

- Certificato GSA n. 1612/2006 (esame liquidi penetranti)
- Certificato GSA n. 1613/2006 (esame ultrasuoni)
- Rapporto di equilibratura protocollo 00612 rilasciato da AMS srl.

Sovizzo, 16 ottobre 2006

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Stefano Calvo', is positioned to the right of the stamp.







Societa' soggetta alla direzione e  
al coordinamento della S.A.P.A.S Spa

PAG./Sheet/Page/Seite 1 DI/of/de/von 1

**Getti Speciali Acciaio spa UNIPERSONALE**

CERTIFICATO No./Certificate No.  
Proces Verbal No./Bescheinigung No. 1611/2006

Magnetpulverprüfung

ESAME MAGNETOSCOPICO

Magnetic Particle Test ! A C C O R D I N G !

Examen Magnetoscopique ! TO EN 10204 - 3 !

! CONFERMA/Confirmation

! Confirmation/Bestätigung A/9604901 005

CLIENTE/ Customer/ Client/ Kunde

SILIO SPA

ORDINE-DATA/ \_Order-Date/ \_Commande-Date/ \_Bestellung-Datum

25/2006

23/01/2006

ACCIAIO/ Steel/ Nuance/ Werkstoff

ASTM A743

CA-6NM

PIANO CONTROLLO FABBRICAZIONE/ F.C.P./ P.C.F./ F.K.P.

REV.

FASE/ Step/ Phase/ Zustand

FINALE/Final/Final

SPEC. RIFER./ Reference Spec./ Spec. de Ref./ Bezugsvorschrift

PROCED. COLLAUDO/ Testing Proc./ Proc. de Contr./ Abnahmevorschrift

CCH-70/3

ACCETTABILITA'/ Accept./ Accept./ Zulaessigkeitsgrenze

CL.3

STATO SUPERFICIALE/ Surface Condition/ Etat Superficiel/ Oberflaechenzustand

FINITO/Finished

ESTENSIONE ESAME/ Examination Extend/ Etendu du Controle/ Pruefumfang

100%

TIPO STRUMENTO/ Instrument/ Instrument/ Gerät

Magiscope 10000

METODO E PARTICELLE MAGNETICHE/ Method and Magnetic Part./

Methode et Partic Magnetique/ Magnetteilchenmethode

UMIDO FLUORESCENTE/Fluorescent Wet (CGM)

TIPO CORRENTE/ Type of Current/ Courant/ Stromart

AMPERAGGIO/ Amperage/ Amperage/ Ampere

SISTEMA DI MAGNETIZZAZIONE/ Magnetization System/

Systeme de Magnetisation/ Magnetisierungssystem

ANNOTAZIONI/Remarks

Remarques/Bemerkungen

POS. MODELLO/Pattern

PARTICOLARE/Item

PROGR./Progr.

COLATA/Melt ID./id.

Modelle/Modell

Piece/Teil

Progr./Laufnummer

Coulée/Schmelze

005 GIR. FRANCIS SIMBIRIZZI

GIRANTE FRANCIS SIMBIRIZZI

1

8638

GIUDIZIO/ Evaluation/ Evaluation/ Beur.

! GARANZIA QUALITA'/Quality Assurance !

OPERATORE C.Q./C.Q. Operator !

!X! Conforme a Specifica di Riferimento

!Assurance Qualite'/Qualitaetssicherung!

Operatore C.Q./A.Q. Bediener !

According to Reference Spec.

Conforme a la Spec. de Ref.

RESP.A.Q. S.GEMO (SAFAS)

TONIOLO M. II LV EX 472

Endspricht

! Non Conforme/ Not according/

Non Conforme/ Endspricht Nicht

CLIENTE/Customer

ENTE COLLAUDATORE/Inspection Authority!

! Non Conformita No.

Client/Kunde

!Organ.de Controle/Abnahme Gesellschaft!

Non Conformity/ Fiche d'anomalie/

Abweichungsbericht

DATA/Date/Date/Datum

36050 SOVIZZO (VICENZA) ITALY - VIA 1° MAGGIO, 15 - TEL. 0444 551384-551222 - FAX 0444 551797 - info@gsaipa.com  
REG. IMPRESE, COD. FISC. E PARTITA I.V.A. IT 00576270243 - R.E.A. N. 138468/VI - CAPITALE SOCIALE € 418.600,00 I.V.



Società soggetta alla direzione e  
al coordinamento della S.A.F.A.S. SpA

**Getti Speciali Acciaio spa UNIPERSONALE**

PAG./Sheet/Page/Seite 1 DI/of/de/von 1

CERTIFICATO No./Certificate No.

Proces Verbal No./Bescheinigung No. 1612/2006

Farbeindringprüfung

LIQUIDI PENETRANTI

Dye Penetrant

Essay de Ressuage

ACCORDING!  
TO EN 10204 - 3 1

! CONFERMA/Confirmation

! Confirmation/Bestätigung A/9604901 005

CLIENTE/ Customer/ Client/ Kunde

ORDINE-DATA/ Order-Date/ Commande-Date/ Bestellung-Datum

ACCIAIO/ Steel/ Nuance/ Werkstoff

PIANO CONTROLLO FABBRICAZIONE/ F.C.P./ P.C.F./ F.K.P.

FASE/ Step/ Phase/ Zustand

SPEC. RIFER./ Reference Spec./ Spec. de Ref./ Bezugsvorschrift

PROCED. COLLAUDO/ Testing Proc./ Proc. de Contr./ Abnahmevorschrift

ACCETTABILITA'/ Accept./ Accept./ Zulaessigkeitsgrenze

ZILIO SPA

25/2006

ASTM A743

FINALE/Final/Final

CCH-70/3

CL.2

23/01/2006

CA-6NM

REV.

STATO SUPERFICIALE/ Surface Condition/ Etat Superficiel/ Oberflächenzustand

ESTENSIONE ESAME/ Examination Extend/ Etendu du Controle/ Pruefumfang

FINITO/Finished/Fini

100 %

SGRASSATORE/ Solvent/ Degraisseur/ Entfetter

MARCA LIQUIDI/ Type of Liquid/ Ressuant/ Marke Durchflussigkeitsmittel

LAVAGGIO/ Cleaner/ Lavage/ Waschen

PENETRANTE/ Penetrant/ Type de Ressuant/ Marke Durchdringmittel

TEMPO di PENETRAZIONE/ Penetration Time/ Temps de Penetration/ Eindringzeit

TEMPO di SVILUPPO/ Developing Time/ Temps de revelation/ Entwicklungszeit

RILEVATORE/ Developer/ Revelateur/ Aufnehmer

ACETONE/Acetone/Acetone

METAL-1-CHECK

ACQUA/Water/Eau

VP30 - LOTTO/Batch/Lot No.3988

20'

15'

D70 - LOTTO/Batch/Lot No.3911

ANNOTAZIONI/Remarks

Remarques/Bemerkungen

POS. MODELLO/Pattern

PARTICOLARE/Item

PROGR./Progr.

COLATA/Melt ID./id.

Modelle/Modell

Piece/Teil

Progr./Laufnummer

Coulee/Schmelze

005 GIR. FRANCIS SIMBIRIZZI

GIRANTE FRANCIS SIMBIRIZZI

1

S 0638

GIUDIZIO/ Evaluation/ Evaluation/ Beurt.

!X! Conforme a Specifica di Riferimento

According to Reference Spec.

Conforme a la Spec. de Ref.

Endspricht

! Non Conforme/ Not according/

Non Conforme/ Endspricht Nicht

! Non Conformita No.

Non Conformity/ Fiche d'anomalie/

Abweichungsbericht

DATA/Date/Date/Datum

GARANZIA QUALITA'/Quality Assurance

Assurance Qualite'/Qualitaetssicherung

RESP.A.Q. S.GEMO (SAFAS)

OPERATORE C.Q./C.Q. Operator

Operateur C.Q./A.Q. Bediener

TONIOLO

ENTE COLLAUDATORE/Inspection Authority

Organ.de Controle/Abnahme Gesellschaft

CLIENTE/Customer

Client/Kunde

36050 SOVIZZO (VICENZA) ITALY - VIA I° MAGGIO, 15 - TEL. 0444 551384-551222 - FAX 0444 551797 - UNIPERSONALE  
REG. IMPRESE, COD. FISC. E PARTITA I.V.A. IT 00576270243 - R.E.A. N. 138468/VI - CAPITALE SOCIALE € 418.600,00 I.V.





A.M.S. s.r.l. Attrezzature Meccaniche Speciali  
Via Primo Maggio nn. 5/7 36050 Sovizzo VI Italy  
Telefono +39 0444 551097 Telefax +39 0444 551373  
e-mail info@ams-mech.com Partita IVA 00142830249  
Reg Imp Vicenza n.3799 R.E.A. Vicenza n.87637 Cap Soc.20000000 iv

# RAPPORTO DI EQUILIBRATURA

Spett.  
G.S.A. SPA  
GETTI SPECIALI ACCIAIO  
VIA 1° MAGGIO 15  
36050 SOVIZZO

VI

Protocollo: 00612 10-10-2006  
Commessa: 8/2006/A/000079/001/01

FRANCIS FRANCIS\_SIMBIRIZZI TURBOGEN ENGINEERING

Tipo di Intervento:

Equilibratura Dinamica

	Lato sinistro		Lato destro		Statico
Descrizione:	lato corona		lato mozzo		
Residuo:	8,93 g		10,34 g		2,72 g
Fase:	26		208		215
Raggio:	320,00 mm ++		360,00 mm		320,00 mm
Dist.Piani	mm	c= 115,00	b= 285,00	a= 495,00	
Regime di rotazione					
215 Giri/minuto		Coppia Dinamica		938.187,70 gr*mm²	
		Fase:		27	
Grado Equilibratura:		2.5			
Norma Equilibratura:		ISO 1940			
Fusione: 1*					

Distinti Saluti  
A.M.S. s.r.l.

Fine del Rapporto



**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI SIMBIRIZZI (CA)**

**VERBALE DEL SOPRALLUOGO IN OFFICINA ESEGUITO IN DATA 21.11.2006**

Sopralluogo effettuato presso lo stabilimento della CASEAR Meccanica di Breganza (VI) il 21/11/2006

Presenti:

- sig. Silvestri (CASEAR)
- ing. Calvo (IDIT)
- ing. Molteni (ELECA)
- ingg. Vicentini e Zacchè (ZILIO)

Il collaudo in officina ha riguardato la cassa spirale dell'impianto di Simbirizzi e la presa visione della consistenza delle forniture per lo stesso impianto.

**PROVE SULLA CASSA SPIRALE DELL'IMPIANTO DI SIMBIRIZZI**

Le prove effettuate sono state le seguenti:

1. Prova in pressione
2. Esame visivo delle saldature
3. Prova in bianco della movimentazione delle pale direttrici

**Risultanze**

1. Per quanto riguarda la prova in pressione, da effettuarsi a 12,5 bar, tale prova è stata interrotta raggiunti gli 8 bar, a causa di perdite che si sono manifestate attraverso le flange provvisoriamente installate (ai soli fini della prova) sul coperchio lato scarico e sull'ingresso spirale. Tali perdite sono state verosimilmente dovute ad insufficienza delle guarnizioni installate ed alla deformazione del tappo di chiusura dell'ingresso spirale.  
Si sono manifestate altresì delle perdite dalla saldatura a livello della lingua della spirale (ultima virola raccordata con il tratto di ingresso) e da un tratto di saldatura sulla cassa lato scarico.
2. L'esame visivo delle saldature esterne della cassa non ha mostrato particolari di rilievo, ad eccezione dei due tratti indicati al punto precedente.  
L'esame visivo delle saldature interne alla cassa, effettuato in corrispondenza di uno degli oblò di ispezione, ha messo in luce che il cordone di una delle antidirettrici agli anelli inferiore e superiore presenta una finitura non uniforme in corrispondenza del bordo di ingresso della pala, evidenziandosi delle discontinuità volumetriche superficiali. Anche le saldature delle virole agli anelli presentano delle discontinuità volumetriche.

Per quanto concerne la resistenza dei cordoni in questione, non si hanno particolari timori. La discontinuità volumetrica in corrispondenza dei bordi di ingresso delle antidirettrici può invece avere un'incidenza negativa sul funzionamento della macchina, non tanto dal punto di vista della regolarità del flusso in ingresso alla girante, in quanto il canale idraulico del distributore è sufficientemente lungo da permetterne una stabilizzazione almeno parziale, quanto dal punto di vista di vibrazioni e/o cavitazioni nelle zone di discontinuità, anche in considerazione della velocità dell'acqua ( $15 \div 20$  m/s) nella zona in oggetto.

I progettisti del costruttivo, richiesti di un parere riguardo a tali problematiche, hanno assicurato circa la marginalità di tali fenomeni.

3. La prova in bianco del sistema di movimentazione delle pale direttrici è risultata positiva.

In conclusione, la fornitura in cantiere della cassa spirale di Simbirizzi è approvata alle seguenti condizioni:

- ripetizione della prova idraulica alla pressione di 12,5 bar da effettuarsi in cantiere;
- verifica del corretto funzionamento e dei rendimenti della macchina all'atto della messa in servizio;
- verifica dell'assenza di anomalie nelle saldature interne della cassa al termine dell'esercizio provvisorio.

#### CONSISTENZA DELLE FORNITURE

La consistenza delle forniture, oltre alla cassa spirale, comprende il basamento del gruppo, il supporto del servomotore, il volano e le sedi della tenuta d'albero, pezzi che risultano di buona fattura e correttamente lavorati; nulla osta al loro trasferimento in cantiere.

Non si è presa visione del cono diffusore allo scarico in quanto non presente in officina.

#### ULTERIORI NOTE

Per quanto riguarda i certificati dei materiali e delle saldature, nonché le schede relative ai prodotti di pitturazione impiegati, il fornitore provvederà alla consegna del dossier all'Appaltatore, che provvederà a trasmetterne una copia alla DL.

Breganza, 21 novembre 2006

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo

**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI S. LORENZO (CA)**

**VERBALE DEL SOPRALLUOGO IN OFFICINA ESEGUITO IN DATA 21.11.2006**

Sopralluogo presso lo stabilimento GSA in Sovizzo (VI) il 21/11/2006

Presenti

- per il fornitore: sig. Toniolo (GSA)
- per la D.L.: ing. Calvo (IDIT)
- per l'appaltatore: ing. Marelli (ELECA); ing. Vicentini, ing. Zacchè (ZILIO)

Il collaudo in officina ha riguardato la presa visione delle prove effettuate dal fornitore sulla girante dell'impianto di S. Lorenzo e la verifica delle lavorazioni dei canali idraulici.

I canali idraulici sono risultati ben levigati.

La documentazione relativa ai liquidi penetranti ha caratterizzato la girante all'interno della classe 2 delle normative CCII, mentre gli esami magnetoscopico e ad ultrasuoni hanno caratterizzato la girante all'interno della classe 3 delle medesime normative.

Il bilanciamento statico è risultato essere contenuto all'interno della classe 2.5 UNI 1940 come prescritto da Specifiche Tecniche allegate al Capitolato Speciale di Appalto.

La documentazione relativa all'analisi di colata indica la conformità del materiale alle specifiche richieste.

In conclusione, viene accettata la fornitura della girante dell'impianto di S. Lorenzo.

Si allegano alla presente:

- Certificato GSA n. 1614/2006 (analisi di colata e prove meccaniche)
- Certificato GSA n. 1615/2006 (esame magnetoscopico)
- Certificato GSA n. 1616/2006 (esame liquidi penetranti)
- Certificato GSA n. 1617/2006 (esame ultrasuoni)
- Rapporto di equilibratura protocollo 00615 rilasciato da AMS srl.

Sovizzo, 21 novembre 2006



Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo

# CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.

## CONSORZIO DI PROGETTAZIONE

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

Mittente:

Direttore operativo Impianti elettrici  
Ing. Giancarlo Pusceddu  
Via Dell'Artigianato 14 - Cagliari

TELEFONO + 39 - 70 - 24 05 95 - 37 01 31

TELEFAX + 39 - 70 - 88 26 82

CELL. + 39 - 393 - 97 46 975

E-MAIL [studio.pusceddu@tiscali.it](mailto:studio.pusceddu@tiscali.it)

ALL'ATT. Direttore dei lavori  
Ing. Marco Braghini  
Via R. Simen, 19  
CH-6648 Minusio-Locarno  
Tel 0039.02.58303324

TELEFAX N°: 0039.02.58303190

FILE N°:

N° PAGINE (INCL. COPERTINA): 5

CONFERMA PER POSTA SI ☐ NO ☐

DATA: NOSTRO RIF. (da indicare nella risposta):

VOSTRO RIF.:

VOSTRA CORR.:

11.12.2006 6511.1 /GP/do7

INVIATO DA: Ing. Giancarlo Pusceddu

COPIA FAX A: Direttore Lavori - Marco Braghini

OGGETTO: **Mantenimento in servizio delle centrali di Uvini e Santu Miali e realizzazione di due centrali idroelettriche nell'ambito del nuovo acquedotto che collega il Lago Mulargia agli impianti di potabilizzazione dell'area di Cagliari. Minicentrali idroelettriche di San Lorenzo e Simbirizzi.**  
**VERIFICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI**

In data 29 e 30 Novembre 2007 si sono svolti nei due cantieri di San Lorenzo e Simbirizzi i sopralluoghi necessari ad effettuare le verifiche degli impianti elettrici.

Nella giornata del 29 Novembre 2007 i tecnici dell'Impresa Ing. Vicentini e Ing. Sbalchiero hanno consegnato una serie di elaborati relativi agli impianti elettrici.

Nelle giornate successive il D.O. ha esaminato la documentazione consegnata dall'impresa.

Per effettuare le verifiche elettriche e i collaudi dei dispositivi installati si è inteso procedere nel seguente modo:

- Verifica della documentazione
- Verifica visiva
- Verifiche strumentali
- Verifiche analitiche

Lombardi SA  
Via R. Simen 19  
CH-6648 Minusio-Locarno  
Tel: +41-91-744 60 30  
Fax: +41-91-743 97 37  
e-mail: [info@lombardi.ch](mailto:info@lombardi.ch)

IDIT S.r.l.  
Via Leonardo da Vinci 7  
I-24020 Torre Boldone  
Tel: +39-035-34 33 07  
Fax: +39-035-45 34 561  
e-mail: [ldit.eng@tin.it](mailto:ldit.eng@tin.it)

Studio Pietrangeli S.r.l.  
Via Cicerone 28  
I-00193 Roma  
Tel: +39-06-32 10 880  
Fax: +39-06-32 27 276  
e-mail: [roma@studiopietrangeli.it](mailto:roma@studiopietrangeli.it)

SA Zucca-Pusceddu-Grivel  
Via dell'Artigianato  
I-09122 Cagliari  
Tel: +39-070-24 09 17  
Fax: +39-070-24 07 76  
e-mail: [studio.pusceddu@tiscali.it](mailto:studio.pusceddu@tiscali.it)



### Verifica della documentazione

La verifica della documentazione è negativa in quanto gli elaborati consegnati costituiscono una parziale documentazione di quanto necessario a poter definire interamente la documentazione di "as built" e cioè del come è stato costruito il sistema impiantistico oggetto delle verifiche.

Si riporta di seguito un elenco sintetico delle principali documentazioni assente:

- planimetrie indicanti l'ubicazione delle apparecchiature e componenti elettriche (quali quadri, apparecchiature, apparecchi illuminanti, prese) e il percorso delle condutture, conformi all'art. 2.2.11 della guida CEI 0-2;
- disegno planimetrico, indicante l'ubicazione degli utilizzatori elettrici di sicurezza e di emergenza e il percorso delle relative condutture;
- tabelle e calcoli dimensionali; In particolare sono richieste, in conformità alle vigenti norme di buona tecnica:
  - tabelle delle potenze installate, potenze assorbite e relativi dimensionamenti, conformi alle Norme CEI;
  - tabelle e diagrammi di coordinamento delle protezioni (consegnato esclusivamente il coordinamento linea MT), conformi alle Norme CEI;
- elenco dei componenti elettrici, conforme alle Norme CEI con le relative specifiche tecniche conformi alle Norme CEI;
- elenco delle condutture elettriche, conforme alle Norme CEI con le relative specifiche tecniche conformi alle Norme CEI;
- disegni illustranti le caratteristiche dell'impianto ed elaborati descrittivi e grafici di definizione delle modalità di installazione dell'impianto elettrico, conformi alle Norme CEI;
- relazione tecnica della consistenza e tipologia dell'impianto realizzato;
- documenti di disposizione funzionale;
- disposizioni di sicurezza, operative e di manutenzione, conseguenti alle scelte effettuate nell'installazione;
- verbale di collaudo e di verifiche di condutture e protezioni.
- Elenco degli elaborati finali (disegni, relazioni, specifiche) che individuano l'oggetto dell'intervento.

Si evidenzia che tra la documentazione consegnate sono presenti imprecisioni tra le quali si elencano alcuni esempi:

- nello schema a blocchi, le celle MT sono di numero differente da quanto poi rappresentato negli schemi specifici;
- la relazione di calcolo degli impianti (cavi ) è stata eseguita senza i corretti riferimenti dimensionali indicati dalle norme CEI (es. posa, numero di circuiti, cadute di tensioni complessive);
- gran parte dei documenti sono privi di firme;
- gran parte dei documenti sono privi delle opportune indicazioni che ne permettano una lettura precisa nel contesto generale.

### Verifica visiva

L'esame a vista aveva lo scopo di accertare:

- se i componenti sono conformi alle relative norme;
- se i componenti e dispositivi sono stati installati correttamente;
- se i componenti risultino danneggiati;
- se i componenti dell'impianto rispondessero a quanto previsto nel contratto;
- la conformità alle indicazioni riportate negli schemi e nei piani di installazione.

**La verifica visiva è parzialmente negativa.**

I componenti non risultano danneggiati.

I componenti sono conformi alle relative norme.

**L'impianto di terra ed equipotenziale non risulta installato correttamente ed è incompleto.**

**Parte dei componenti e dei dispositivi installati non soddisfano quanto previsto nel contratto.**

**L'assenza di parte della documentazione di as-built non consente di valutare positivamente la conformità alle indicazioni riportate negli schemi e nei piani di installazione.**

### Verifiche strumentali

Con gli strumenti messi a disposizione della ditta è stato possibile effettuare le seguenti verifiche strumentali:

**Lombardi SA**  
Via R. Simen 19  
CH-6648 Minusio-Locarno  
Tel: +41-91-744 60 30  
Fax: +41-91-743 97 37  
e-mail: [Info@lombardi.ch](mailto:Info@lombardi.ch)

**IDIT S.r.l.**  
Via Leonardo da Vinci 7  
I-24020 Torre Boldone  
Tel: +39-035-34 33 07  
Fax: +39 035-45 34 561  
e-mail: [ldit.eng@tin.it](mailto:ldit.eng@tin.it)

**Studio Pietrangeli S.r.l.**  
Via Cicerone 28  
I-00193 Roma  
Tel: +39-06-32 10 880  
Fax: +39 06-32 27 276  
e-mail: [roma@studlopietrangeli.it](mailto:roma@studlopietrangeli.it)

**SA Zucca-Pusceddu-Grivel**  
Via dell'Artigianato  
I-09122 Cagliari  
Tel: +39-070-24 09 17  
Fax: +39 070 24 07 76  
e-mail: [studio.pusceddu@tiscali.it](mailto:studio.pusceddu@tiscali.it)

- prove di funzionamento;
- continuità dei conduttori di protezione ed equipotenziale;
- prove di intervento degli interruttori differenziali;
- prove di intervento degli interruttori automatici;
- misure dell'anello di guasto;
- misure illuminotecniche;
- prove di intervento degli impianti di rivelazione incendio.

Le prove dedicate alla verifica delle protezioni sono state effettuate a campione.

La ditta non ha consegnato le tabelle relative alle verifiche effettuate su tutti i cavi installati e su tutte le prove effettuate durante le installazioni, pertanto, non è stato possibile dare un giudizio complessivo sull'impianto elettrico.

Le prove effettuate a campione hanno dato i seguenti risultati:

- prove di funzionamento: **verifica positiva;**
- continuità dei conduttori di protezione ed equipotenziale: **verifica positiva ad eccezione della verifica della equipotenzialità delle coperture cunicoli.** Deve essere effettuato l'intervento di equipotenzializzazione di tali coperture;
- prove di intervento degli interruttori differenziali: **verifica positiva ad eccezione di un interruttore a protezione del quadro raddrizzatore del sito di San Lorenzo** che dovrà essere sostituito;
- prove di intervento degli interruttori automatici: **verifica positiva;**
- misure dell'anello di guasto: **verifica positiva;**
- misure illuminotecniche: **verifica positiva;**
- prove di intervento degli impianti di rivelazione incendio: **verifica positiva;**
- verifica dei poteri di interruzione degli interruttori: parte degli interruttori non risponde ai requisiti indicati dal contratto, in quanto sono inferiori prestazionalmente .

### Verifiche analitiche

La non completa consegna della documentazione e la parziale correttezza della documentazione consegnata non ha consentito di completare le verifiche di tipo analitico (assenza di tabelle di posa, di tabelle cavi e percorsi cavi).

Distinti saluti

*Direttore operativo Impianti elettrici*  
Ing. Giancarlo Pusceddu

STUDIO TECNICO  
Ing. GIAN CARLO PUSCEDDU  
Via Barbera, 51 - 09045 QUARTU S. ELENA  
Tel. 070 - 882482  
Partita IVA 01867020628

*Giancarlo Pusceddu*





**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI S. LORENZO (CA)**

**VERBALE DEL SOPRALLUOGO IN OFFICINA ESEGUITO IN DATA 19.01.2007**

Sopralluogo effettuato presso lo stabilimento della CASEAR Meccanica di Breganza (VI) il 19/01/2007

Presenti:

- sig. Silvestri (CASEAR)
- ing. Calvo (IDIT)
- sig. Sbalchiero (ZILIO)

Il collaudo in officina ha riguardato la cassa spirale dell'impianto di S. Lorenzo e la presa visione della consistenza delle forniture per lo stesso impianto.

**PROVE SULLA CASSA SPIRALE DELL'IMPIANTO DI S. LORENZO**

Le prove effettuate sono state le seguenti:

1. Prova in pressione
2. Esame visivo delle saldature

Risultanze

1. Per quanto riguarda la prova in pressione, da effettuarsi a 18 bar, tale prova ha dato esito positivo, non essendosi manifestate perdite.
2. L'esame visivo delle saldature esterne della cassa non ha mostrato particolari di rilievo, ad eccezione dei due tratti indicati al punto precedente.  
L'esame visivo delle saldature interne alla cassa, effettuato in corrispondenza di uno degli oblò di ispezione, ha evidenziato una corretta uniformità volumetrica delle saldature delle antidirettrici agli anelli inferiore e superiore.

E' stato fornito il certificato di controllo effettuato sulle saldature, insieme al certificato di qualifica del saldatore.

Si allegano alla presente:

- copia del certificato di controllo con ultrasuoni
- copia del certificato di qualifica del saldatore

<b>G.COLETTO s.r.l.</b> CONTROLLI NON DISTRUTTIVI MANGHERA/VENEZIA Tel. 041 903905 / 9000113 - Fax 041 2520101 ISO 9001:2000 APPROVED N° 19419/04/8 PED APPROVED N°47		<b>CERTIFICATO DI CONTROLLO CON ULTRASUONI</b> <b>ULTRASONIC TESTING CERTIFICATE</b>		<b>UT</b> N. 3377/01/07 Foglio 01 01 Sheet of	
<b>CLIENTE</b> CASEAR MACCANICA Customer			<b>DISEGNO</b> Drawing		
<b>OGGETTO</b> MANTELLO SALDATO TURBINA FRANCIS			<b>COMMESSA</b> 050135 ZZ Job		
<b>IMPIANTO</b> S.LORENZO CAGLIARI Plant			<b>ORDINE</b> Order		
<b>MATERIALE</b> Material	<b>SPESORE</b> Thickness	<b>STADIO DI LAVORAZIONE</b> Manufacture condition	<b>SPECIFICA DI RIFERIMENTO</b> Reference specification	<b>CLASSE DI ACCETTABILITA'</b> Class to accept	
EN 10025 S275 JR	VARIABILE	DOPO RIPORTATO	ASME V ART. 4	VEDI NOTE	
<b>STATO SUPERFICIE</b> Surface condition					
<input type="checkbox"/> COME SALDATO As welded					
<input checked="" type="checkbox"/> MOLATO Ground					
<input type="checkbox"/> GREZZO As forged					
<input type="checkbox"/> COME LAMINATO As rolled					
<input type="checkbox"/> LAVORATO DI MACCHINA Machined					
<b>APPARECCHIO</b> Instrument		<b>BLOCCO DI TARATURA</b> Reference block		<b>ACCOPIAMENTO</b> Coupling	
GILARDONI MG 12		V 1 + EN		COUPLANT NDT 333	
<b>TEMPERATURA DI ESAME</b> Test temperature		CIRCA 10°			
<b>TECNICA DI ESAME</b> Test technique					
<input type="checkbox"/> ECHI MULTIPLI Multiple echoes					
<input type="checkbox"/> TRASMISSIONE Transmission					
<input checked="" type="checkbox"/> METODO DI ESAME Test method					
<input checked="" type="checkbox"/> A CONTATTO Contact					
<input type="checkbox"/> IN IMMERSIONE Immersion					
<b>SENSIBILITA' dB</b> Sensitivity dB		<b>DAMPING</b> Camping		<b>SOPPRESSORE</b> Reject	
32 dB		0		<input type="checkbox"/> INSERITO On	
				<input checked="" type="checkbox"/> NON INSERITO Off	
<b>SONDE</b> Probes	<b>TIPO</b> Type	<b>ØELEM. PIEZ.</b> Piez Elem Ø	<b>ANGOLO</b> Angle	<b>FREQUENZA</b> Frequency MHz	<b>NOTE</b> Note
	SIRIO SMA 70/4	8X9 mm	70°	4 MHz	-
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
<b>ESITO</b> Result	<input checked="" type="checkbox"/> CONFORME ALLA SPECIFICA Conforming to specification				
<input type="checkbox"/> NON CONFORME ALLA SPECIFICA Not conforming to specification					
<b>NOTE</b> Note					
CONTROLLATO CIRCA IL 40% DELLE SALDATURE TESTA-TESTA DEL FASCIAME					
<b>ESEGUITO DA</b> Performed by G. COLETTO S.R.L. II Livello QUALITÀ PT ASNT		<b>APPROVATO DA</b> Approved by		<b>ISPETTORI</b> Inspector	
<b>ENTE</b> Being		<b>ENTE</b> Being		<b>ENTE</b> Being	
<b>DATA E FIRMA</b> Signature and date		<b>DATA E FIRMA</b> Signature and date		<b>DATA E FIRMA</b> Signature and date	
<b>DATA</b> Date 12/01/2007		<b>DATA</b> Date			

## CERTIFICATO DI QUALIFICA DI OPERATORE PER CND



N. 05DG00208PO3

Operatore **COLETTO GIANNI**  
 Nato a **CAMPOSAMPIERO (PD)** il **06/11/1945**  
 Impiegato presso **G. COLETTO SRL**  
 Con sede in **MARGHERA (VE)**

Si CERTIFICA che a seguito delle prove di qualifica effettuato in conformità alla Raccomandazione ASNT-TC-1A ed. 1996 e supplementi, l'operatore è qualificato al:

Livello **SECONDO** Metodo **ULTRASONORO**

da eseguirsi con apparecchiatura SIRIO RP 3000 - 10 o altra ritenuta equivalente dai tecnici del RINA

La qualifica è valida per il controllo di saldature in acciaio e relative saldature in acciaio e alluminio allo stato  
 inossidabile.

## Risultati degli esami

Tipo di esame	Votazione	Risultati	Totale
Generale	87.5	26.25	88.23
Specifico	86.6	25.98	
Pratico	90	36	
Le prove di idoneità visiva con Jaeger test e di sensibilità cromatica, compresa la discriminazione delle scale dei grigi (quando applicabile), hanno dato esito favorevole.			

Il presente certificato è valido fino al

Aprile 2008

Rilasciato a

Genova

il

20 Aprile 2005

G. COLETTO S.r.l.  
 Via dell'Industria, 28  
 MARGHERA (VE)

DATORE DI LAVORO

IL RESPONSABILE  
 (Ing. Cesare MURGIA)

*Cesare Murgia*

RINA S.p.A.

Via Corsica 12 - 16128 Genova

ROSSI P.I. BRUNO  
 RDT LEVEL 2 ANNI  
 CERTIFICATO

*Bruno Rossi*

Questo certificato è composto di 1 pagina

Form ASNT-CER-IT-1602



**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI SIMBIRIZZI(CA)**

**VERBALE DEL SOPRALLUOGO IN OFFICINA ESEGUITO IN DATA 22.01.2007**

Sopralluogo presso lo stabilimento Uljanik-Tesu in Pula (HR) il 22/01/2007

Presenti

- per il fornitore: ing. Bugarin (TESU)
- per la D.L.: ing. Calvo (IDIT)
- per l'appaltatore: sig. Sbalchiero (ZILIO)

Il collaudo in officina ha riguardato l'effettuazione di alcune verifiche e prove sull'alternatore dell'impianto di Simbirizzi; l'alternatore dell'impianto di S. Lorenzo risultava ancora in fase di costruzione.

L'alternatore è stato sottoposto nei giorni precedenti (19, 20 e 21 Gennaio) a prove condotte a cura del costruttore secondo CEI EN 60034-1 per la determinazione delle grandezze caratteristiche della macchina. Il giorno 22 Gennaio si è provveduto ad eseguire alle verifiche e prove di seguito descritte.

Verifiche e prove effettuate sull'alternatore di Simbirizzi

1. Verifica della determinazione dei rendimenti
2. Prova di sovravelocità
3. Prova di tensione degli avvolgimenti di statore
4. Verifica delle vibrazioni

La determinazione dei rendimenti è stata effettuata conformemente a CEI EN 60034-2 col metodo della somma delle perdite (punto 9.1 della norma); i rendimenti sono stati calcolati al 50% della potenza nominale (prescrizione contrattuale) ed al 100% della potenza nominale. Il rendimento al 50% della potenza nominale è risultato pari al 95,8% a  $\cos\phi$  pari a 0,73, a fronte della prescrizione contrattuale che prevedeva un minimo pari al 95,0% a  $\cos\phi$  pari a 0,8. La prescrizione contrattuale è perciò rispettata.

Il rendimento a pieno carico a  $\cos\phi$  0,73 è risultato pari al 94,4%.

Per la prova di sovravelocità, il generatore è stato portato alla velocità di 1370 rpm (1,8 la velocità nominale) per 120 sec, conformemente a CEI EN 60034-1 punto 8.6; non si sono riscontrate anomalie.



La prova di tensione degli avvolgimenti di statore è stata effettuata conformemente a CEI EN 60034-1, punto 8.1 (13 kV per 60 sec su ogni avvolgimento); la prova è stata superata senza inconvenienti.

Per quanto riguarda la verifica delle vibrazioni della linea d'asse, le misurazioni sono state effettuate senza i carichi normalmente applicati sull'albero in fase di esercizio (volano, spinta sulla girante); le indicazioni rilevate hanno perciò valore puramente indicativo e sono comunque al di sotto dei valori limite previsti.

In conclusione, viene accettata la fornitura dell'alternatore dell'impianto di Simbirizzi.

Si allegano alla presente:

- copia della dichiarazione di conformità alle norme CEI EN 60034-1 ed alla Direttiva 89/366/EEC sulla compatibilità elettromagnetica
- copia del rapporto di prova
- copia del calcolo per la determinazione del rendimento al 50% della potenza nominale
- copia del calcolo per la determinazione del rendimento al 100% della potenza nominale

#### ULTERIORI NOTE

Per quanto riguarda i certificati dei materiali, il fornitore provvederà alla consegna del dossier all'Appaltatore, che provvederà a trasmetterne una copia alla DL.

Pula, 22 gennaio 2007

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo





**ULJANIK**

**TESU** d.d., Pula



Pula January 24, 2007

## DECLARATION OF CONFORMITY

Manufacturer: **ULJANIK –TESU Electrical Machines Works d.d.**  
Flaciusova 1 52100 Pula –Croatia

declares that the

**SYNCHRONOUS ALTERNATOR type TNJ9 712-8**  
**1700kVA, 6000V, 164A, 750rpm, 50 Hz**  
intended for mini hydro power plant **SIMBIRIZZI** in Italy

Serial number: 061792.1  
Technical file: K9080  
Safety Trial Certificate-identification number: S-061792 1  
Technical specifications: BN 020408/C  
Test certificate for type test: No-3760-703-RK-07-005

### Conforms to the regulation of

Standard: EN 60034-1 Rotating Electrical Machines

European directive: 89/336/EEC-Electromagnetic Compatibility

Notice is hereby given that the alternator described above must not be put into service until machinery into which it is to be incorporated has been declared in conformity with the provisions of the above mentioned Directive

### Signature:

Name: Damir Peruško B.Sc.  
Title: Production Manager

*D. Peruško*

**ULJANIK**  
**TVORNIČA ELEKTRIČNIH**  
**STROJEVA I UREĐAJA, d.d.**  
PULA, 17

UPRAVA/HEAD OFFICE  
I/O ELEKTRIČNI STROJEVI /  
PC ELECTRICAL MACHINES

Tel: +385 52 374 402  
Tel: +385 52 373 613

Fax +385 52 374 525  
Fax +385 52 373 627

E-mail: uljanik.tesu@uljanik.tol.hr  
E-mail: tesu-pc37@uljanik.tol.hr

**FLACIUSOVA 1, P.O. BOX 114, 52100 PULA, CROATIA**

Trgovački sud Rijeka: MBS 040018580  
Zastupnik: 01-337771/011-190000000

Tem. kap. (uplaćen)/ paid in capital: 110.205.000,00 KN  
Iznos odobrenog posuđenog novca: 381.762.470,00 KN

Predsjednik/President: Renato Fonović  
Iznos odobrenog posuđenog novca: 381.762.470,00 KN

 <b>TESU dd</b> CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-005  Page 1 / 5
--	---	--

Date of test: 22.01.2007

## 1. TECHNICAL DATA

Type:	TNJ9 712-8 K:9080	Serial No:	061792.1	Year of production:	2007
Rated output (kVA):	1700	Rated voltage (V):	6000	Rated current (A):	184
Rated frequency (Hz):	50	Cos $\varphi$ :	0,8	Ambient temperature (°C):	40
Excitation voltage (V):		Excitation current (A):		Duty type:	S1
Sub-transient reactance (%):	Xd":15,1 Xq":14,4	Insulation class:	F	Air gap (mm):	2,8
Mounting:	B3	Degree of protection:	IP 55	Speed (1/min):	750
Bearing: AS-Drive End	EFZLA 22-225-250Typ22-260Typ32		Bearing: BS-Not Drive End	EFZLQ 18-180-200Typ12-200Typ10	
Bearing lubrication:	Lubricating oil DIN 51517-C68 Class of viscosity ISO VG68			Weight (t):	12,5

## 2. ADDITIONAL DATA

Rules:	VDE 0530	Intended for:	ZILIO ELETTRA -SIMBIRIZZI
Customer's order No:	508/2006	Manufacturer's order No:	371792

## 3. TESTS

### 3.1 Winding resistance measurement before testing at ambient temperature: 12 °C

Generator			Exciter		
Stator (U-V)	0,4411	$\Omega$	Armature	0,05302	$\Omega$
Rotor	0,7267	$\Omega$	Field	6,7	$\Omega$

Heaters ( $\Omega$ )	Temperature detectors (ETD) - PT100 ( $\Omega$ )										
105-106	41-44	42-45	43-46	47-50	48-51	49-52	53-54	55-56	57-58	59-60	61-62
155,5	106	106	106	106	106	106	106,2	106,2	106,2	103,2	106,2

### 3.2 Insulation resistance measurement before testing with 500V M $\Omega$ -meter

Stator (M $\Omega$ )	Rotor (M $\Omega$ )	Exciter (M $\Omega$ )	ETD (M $\Omega$ )	Heaters (M $\Omega$ )
200	200	200	200	200

 <b>ULJANIK</b> TESU d.d. CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-005  Page 2 / 5
---	---	--

### 3.3 Measuring of no-load characteristics and short circuit characteristics

No-load test		Frequency (Hz)	Short-circuit test	
Voltage (V)	Excit. Current (A)		Current (A)	Excit. Current (A)
1000	0,31	50	41	1,45
2000	0,63	50	82	3,00
3000	0,94	50	123	4,46
4000	1,26	50	164	6,00
5000	1,70	50	205	7,50
6000	2,15	50	246	9,00
7000	2,95	50		
8000	4,50	50		
9000	7,50	50		
400	-	50		

### 3.4 Winding test

Voltage:	9000	V	Duration:	180	sec.
----------	------	---	-----------	-----	------

### 3.5 Excitation unit

	Frequency (Hz)	Voltage (V)	Current (A)	Cos φ	Excitation	
					(A)	(V)
No load test without controller	50	6000	-	-	2,15	15,0
Load test without controller	50	6000	81,6	0,73	5,0	35,5

### 3.6 Phase voltage comparison

U-V =	6000	V	U-W =	6000	V	V-W =	6000	V
-------	------	---	-------	------	---	-------	------	---

### 3.7 Sense of rotation and sense of phase test

Sense of rotation:	CW	Sense of phase	CW
--------------------	----	----------------	----

### 3.8 Heat run test (alternative methods for temperature rise calculations)

#### 3.8.1 Heat run test without excitation

Time	Freq. (Hz)	Cos φ	Voltage (V)	Current (A)	Excitation		Temperature ( °C)					
					(A)	(V)	Air in	Air out	Casing	Bear.AS	Bear.BS	ETD
07.30	50	-	400	-	-	-	17	21	18	23/22	26	23
08.00	50	-	400	-	-	-	18	22	19	36/30	37	24
08.30	50	-	400	-	-	-	19	23	20	41/34	46	25



 <b>TESU d.d.</b> CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-005  Page: 3 / 5
--	---	---

Temperature rise (used resistance method)

Stator winding U-V	Resistance (Ω)	Σ sec.	Rotor winding J-K	Resistance (Ω)	Σ sec.
	0,4510	90		0,7366	120
	0,4500	150		0,7336	180
	0,4496	210		0,7320	240
	0,4494	270		0,7312	300

Temperature rise after heat run test without excitation at ambient temperature: 19 °C

Stator (Δts1):	1,8	K	Rotor (Δtr1):	1,53	K
----------------	-----	---	---------------	------	---

### 3.8.2 No-load heat run test with rated voltage

Time	Freq. (Hz)	Cos φ	Voltage (V)	Current (A)	Excitation		Temperature (°C)					
					(A)	(V)	Air in	Air out	Casing	Bear.AS	Bear.BS	ETD
08.40	50	-	6000	-	2,26	15,0	19,0	23	20	39/33	44	26
09.10	50	-	6000	-	2,27	15,2	20,0	25	22	44/37	47	31
09.40	50	-	6000	-	2,27	15,2	21,0	27	23	46/40	49	34
10.10	50	-	6000	-	2,28	15,3	21,5	28	24	47/41	50	36
10.40	50	-	6000	-	2,28	15,4	22,0	29	25	47/42	50	37

Temperature rise (used resistance method)

Stator winding U-V	Resistance (Ω)	Σ sec.	Rotor winding J-K	Resistance (Ω)	Σ sec.
	0,4668	90		0,7573	120
	0,4662	150		0,7567	180
	0,4679	210		0,7564	240
	0,4678	270		0,7562	300

Temperature rise after no-load heat run test with rated voltage at ambient temperature: 22 °C

Stator (Δts2):	6,5	K	Rotor (Δtr2):	2,3	K
----------------	-----	---	---------------	-----	---

### 3.8.3 Short-circuit heat run test with rated stator current

Time	Freq. (Hz)	Cos φ	Voltage (V)	Current (A)	Excitation		Temperature (°C)					
					(A)	(V)	Air in	Air out	Casing	Bear.AS	Bear.BS	ETD
10.45	50	-	-	164	6,00	42,0	22,0	29,0	25,0	44,0/39,0	46,0	39,0
11.30	50	-	-	164	6,05	43,0	23,0	34,0	28,0	46,0/40,0	49,0	62,0
12.00	50	-	-	164	6,05	43,5	23,5	37,0	30,0	47,0/41,0	50,0	66,0
12.30	50	-	-	164	6,05	43,5	23,7	38,0	31,0	48,0/42,0	51,0	67,0
13.00	50	-	-	164	6,07	43,6	24,0	39,0	32,0	48,5/42,5	51,5	68,0
13.30	50	-	-	164	6,07	43,7	24,2	39,5	32,5	48,5/42,8	51,8	68,5
14.00	50	-	-	164	6,07	43,7	24,5	40,0	33,0	49,0/43,0	52,0	69,0

 <b>BILTARNEK</b> TESU dd CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-005  Page: 4 / 5
---	---	---

Temperature rise (used resistance method)

	Resistance (Ω)	Σ sec.		Resistance (Ω)	Σ sec.
Stator winding U-V	0,5232	90	Rotor winding J-K	0,8190	120
	0,5203	160		0,8162	180
	0,5179	210		0,8126	240
	0,5157	270		0,8105	300

Temperature rise after short-circuit heat run test with rated stator current at ambient temperature: 24,5 °C

Stator (Δts3):	37,5	K	Rotor (Δtr3):		K
----------------	------	---	---------------	--	---

#### RESULTS:

The calculation of the heat run results up to rated conditions:

1. for the stator windings

Stator temp. rise Δts:	Δts = Δts3 + Δts2 - Δts1	45,6 K
------------------------	--------------------------	--------

2. for the rotor windings

lr<sub>cr</sub> rotor current with nominal rated / calculation data

lr<sub>sc</sub> rotor current with short circuit cond./ calculation data

lr <sub>cr</sub> (A):	13,6	lr <sub>sc</sub> (A):	100
-----------------------	------	-----------------------	-----

Rotor temp. rise Δtr:	Δtr = Δtr2 + (Δtr3 - Δtr1) • (lr <sub>cr</sub> / lr <sub>sc</sub> ) • 2	48,25 K
-----------------------	---	---------

Temperature rise after heating test run at ambient temperature: 24,5 °C

Stator:	Rotor:	Exc.-Field:	Exc.-Rotor:	Bear. AS	Bear. BS	Casing
45,6 K	48,25 K	K	K	24,5 K	27,5 K	8,5 K

#### 3.9 Overspeed test

Speed:	1370	1/min	Duration:	120	sec.
--------	------	-------	-----------	-----	------

#### 3.10 Vibration test

Speed (1/min)	Drive-end (mm/s)			Not-drive-end (mm/s)		
	→	↓	↻	→	↓	↻
750	0,95	0,26	0,33	1,05	0,73	0,35

#### 3.11 High voltage test

Duration: 60 sec.

	Stator	Rotor	Exciter	ETD	Heaters
Test voltage (V)	13000	1500	1500	1500	1500

 <b>TEBU d.d.</b> CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-005  Page: 5 / 5

3.12 Insulation resistance measurement after testing with 1000V MΩ -meter

Stator (MΩ)	Rotor (MΩ)	Exciter (MΩ)	ETD (MΩ)	Heaters (MΩ)
200	200	200	200	200

REMARK:

TEBU d.d.  
TVORNICA ELEKTRIČNIH  
STROJEVA I UREĐAJA, d.d.  
PULA, 17

Witnessed by:	Mr.Sbalchiero, Mr.Calvo	Checked by:	Mr.Jurić, Mr.Halilović	Reviewed by:	Mr.Benčić
---------------	----------------------------	-------------	---------------------------	--------------	-----------

## DETERMINATION OF LOSSES ACC. IEC 34-2 BY SUMMATION

Generator type TNJ9 712-8 (K9080 ,1700kVA, 6 kV, 750 rpm)

50% of nominal load

Calculated temperature Stator 60°C ,rotor 60°C

The total losses is taken as the sum of the following component losses:

### a) CONSTANT LOSSES

- Losses in activ iron, and additional no load losses in other metal parts
- Losses due to triction
- Ventilation losses

From NO LOAD test we derived the above losses for nominal voltage 6000V

There are:

- No load losses without excitation of generator

$$P_{NL1} = U_a \cdot I_a - P_{\text{LOSDCM}} = U_a \cdot I_a - (P_{\text{DC}} + I_{\text{DC}}^2 \cdot R_{\text{DC}} + 2 I_{\text{DC}})$$

$$P_{NL1} = 647 \text{ V} \cdot 21.6 \text{ mV} \cdot 60 \text{ A} / 60 \text{ mV} - (6911 \text{ W} + 21.6^2 \text{ A} \cdot 0.012 \Omega + 2 \text{ V} \cdot 21.6 \text{ A})$$

$$P_{NL1} = 7015 \text{ W} = \text{friction losses} + \text{ventilation losses}$$

- No load losses with excitation of generator

$$P_{NL2} = 648 \text{ V} \cdot 34.5 \text{ mV} \cdot 60 \text{ A} / 60 \text{ mV} - (6911 \text{ W} + 34.5^2 \cdot 0.012 \Omega + 2 \cdot 34.5 \text{ A})$$

$$P_{NL2} = 15362 \text{ W}$$

- Losses in activ iron

$$P_{F+V} = P_{NL2} - P_{NL1}$$

$$P_{F+V} = 8347 \text{ W}$$

### b) LOAD LOSSES

$P_{\text{CU}} = I^2 \cdot R_a$  in armature winding

50% of nominal current 82A

Measured stator resistance per phase  $R_{a12} = 0.22 \Omega$  at 12°C

Calculated stator resistance at 60°C

$$R_a = 0.22 [1 + 0.0039 \cdot (60 - 12)]$$

$$R_a = 0.26$$

$$P_{\text{CU}} = 82^2 \cdot 0.26 \cdot 3$$

$$P_{\text{CU}} = 5245 \text{ W}$$

Note: Generator is driven by DC motor with no load losses at 750rpm  $P_{\text{DC}} = 6911 \text{ W}$



**c) ADDITIONAL LOAD LOSSES**

- Losses introduced by load in active iron and other parts other than conductors
- Eddy current losses in armature winding conductors

\* The total electrical losses in the short circuit for generator loaded by nominal current are:

$$P_{cs} = U_a \cdot I_a - P_{LOS\ DC} = U_a \cdot I_a (P_{DC} + I_{DC} \cdot R_{DC} + 2V \cdot I_{DC})$$
$$P_{sc} = 653V \cdot 30.3mA - 60A/60mV - (6911W - 30.3^2 A \cdot 0.012 \Omega + 2V \cdot 30.3A)$$

$$P_{cs} = 12\ 803\ W$$

\* The calculated excitation losses

$I_R$  = calculated excitation current in short circuit at 50% nominal load = 50 A

$R_{R12}$  = measured main rotor resistance at 12°C = 0,7267  $\Omega$

$$R_{R60} = 0.86\ \Omega$$

$$P_{EXC} = 50^2 \cdot 0.86$$

$$P_{EXC} = 2\ 150\ W$$

Additional losses are

$$P_{AD} = 12\ 803 - 5\ 245 - 2\ 150$$

$$P_{AD} = 5\ 408\ W$$

**d) EXCITATION CIRCUIT LOSSES AT NOMINAL LOAD (temp. 60°C)**

$I^2 \cdot R$  losses in the excitation windings

All the losses in the exciter

\* Calculated excitation current is 68.8 A DC

\* Calculated exciter rotor excitation current for 6 phase diode rectifier is

$$0.816 \cdot 68.8 = 56.1\ A\ AC$$

\* Main rotor resistance measured and recalculated at 60°C is 0.863  $\Omega$

\* Measured exciter rotor resistance per phase at 12°C is 0,0265  $\Omega$

\* Calculate exciter rotor resistance at 60°C is 0,031  $\Omega$

$$\text{Main rotor losses} = I^2 \cdot R = 56.1^2 \cdot 0.863 = 2\ 716\ W$$

$$\text{Exciter rotor losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R = 3 \cdot 56.1^2 \cdot 0.031 = 293\ W$$

$$\text{Losses in rotating rectifier } 2V \cdot I = 2 \cdot 68.8 = 137.6\ W$$

$$\text{Excitation circuit losses} = 2\ 716 + 293 + 137.6 = 3\ 407\ W$$

The total losses are the sum of a+b+c+d

$$P_{LOS} = 15362 + 5\ 245 + 5\ 408 + 3\ 407$$

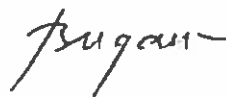
$$P_{LOS} = 29\ 422\ W$$

**Efficiency of generator**

$$\eta = P_2 / P_1 = P_2 / (P_2 + P_{LOS}) = 680 / (680 + 29.422)$$

$$\eta = 95.8\%$$

Prepared by: Nevio Bugarin



## DETERMINATION OF LOSSES ACC. IEC 34-2 BY SUMMATION

Generator type TNJ9 712-8 (K9080 ,1700kVA, 6 kV, 750 rpm)

Measured temperature Stator 85.6°C ,rotor 88.2°C

The total losses is taken as the sum of the following component losses:

### a) CONSTANT LOSSES

- Losses in activ iron, and additional no load losses in other metal parts
- Losses due to triction
- Ventilation losses

From NO LOAD test we derived the above losses for nominal voltage 6000V

There are

- No load losses without excitation of generator

$$P_{NL1} = U_a \cdot I_a - P_{LOSDCM} = U_a \cdot I_a - (P_{DC} + I_{DC}^2 \cdot R_{DC} + 2 I_{DC})$$

$$P_{NL1} = 647 \text{ V} \cdot 21.6 \text{ mV} \cdot 60 \text{ A} / 60 \text{ mV} - (6911 \text{ W} + 21.6^2 \text{ A} \cdot 0.012 \Omega + 2 \text{ V} \cdot 21.6 \text{ A})$$

$$P_{NL1} = 7015 \text{ W} = \text{friction losses} + \text{ventilation losses}$$

- No load losses with excitation of generator

$$P_{NL2} = 648 \text{ V} \cdot 34.5 \text{ mV} \cdot 60 \text{ A} / 60 \text{ mV} - (6911 \text{ W} + 34.5^2 \cdot 0.012 \Omega + 2 \cdot 34.5 \text{ A})$$

$$P_{NL2} = 15362 \text{ W}$$

- Losses in activ iron

$$P_{IRON} = P_{NL2} - P_{NL1}$$

$$P_{IRON} = 8347 \text{ W}$$

### b) LOAD LOSSES

$P_{CU} = I^2 \cdot R_a$  in armature winding

Nominal current 164A

Measured stator resitance per phase  $R_{a12} = 0.22 \Omega$  at 12°C

Calculated stator resistance at 85.6°C

$$R_a = 0.22 [1 + 0.0039 \cdot (85.6 - 12)]$$

$$R_a = 0.287 \Omega$$

$$P_{cu} = 164^2 \cdot 0.287 \cdot 3$$

$$P_{CU} = 23\,157 \text{ W}$$

Note: Generator is driven by DC motor with no load losses at 750rpm  $P_{DC} = 6911 \text{ W}$

### c) ADDITIONAL LOAD LOSSES

- Losses introduced by load in active iron and other parts other than conductors
- Eddy current losses in armature winding conductors

\* The total electrical losses in the short circuit for generator loaded by nominal current are:

$$P_{cs} = U_a \cdot I_a - P_{LOS DC} = U_a \cdot I_a (P_{DC} + I_{DC} \cdot R_{DC} + 2V \cdot I_{DC})$$

$$P_{cs} = 660V \cdot 56,5 \cdot 100A/60mV - (6911W - 94A \cdot 0,012 \Omega + 2V \cdot 95 A)$$

$$P_{cs} = 54947 W$$

\* The calculated excitation losses

$I_R$  = calculated excitation current in short circuit at nominal load = 100 A

$R_{R12}$  = measured main rotor resistance at 12°C = 0,7267  $\Omega$

$R_{R88} = 0,94 \Omega$

$$P_{EXC} = 100^2 \cdot x \cdot 0,94$$

$$P_{EXC} = 9400 W$$

Additional losses are

$$P_{AD} = 54947 - 23157 - 9400$$

$$P_{AD} = 22390 W$$

### d) EXCITATION CIRCUIT LOSSES AT NOMINAL LOAD (temp. 88.2°C)

$I^2 \cdot R$  losses in the excitation windings

All the losses in the exciter

\* Calculated excitation current is 137,6 A DC

\* Calculated exciter rotor excitation current for 6 phase diode rectifier is

$$0,816 \cdot 137,6 = 112,3 A AC$$

\* Main rotor resistance measured and recalculated at 88.2°C is 0.94  $\Omega$

\* Measured exciter rotor resistance per phase at 12°C is 0,0265  $\Omega$

\* Calculate exciter rotor resistance at 88.2°C is 0,034  $\Omega$

$$\text{Main rotor losses} = I^2 \cdot R = 137,6^2 \cdot 0,94 = 17797 W$$

$$\text{Exciter rotor losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R = 3 \cdot (0,816 \cdot 137,6)^2 \cdot 0,034 = 1282 W$$

$$\text{Losses in rotating rectifier } 2V \cdot I = 2 \cdot 137,6 = 275,2 W$$

$$\text{Excitation circuit losses} = 17797 + 1282 + 275 = 19345 W$$

The total losses are the sum of a+b+c+d

$$P_{LOS} = 15362 + 23157 + 22390 + 19345$$

$$P_{LOS} = 80254 W$$

Efficiency of generator

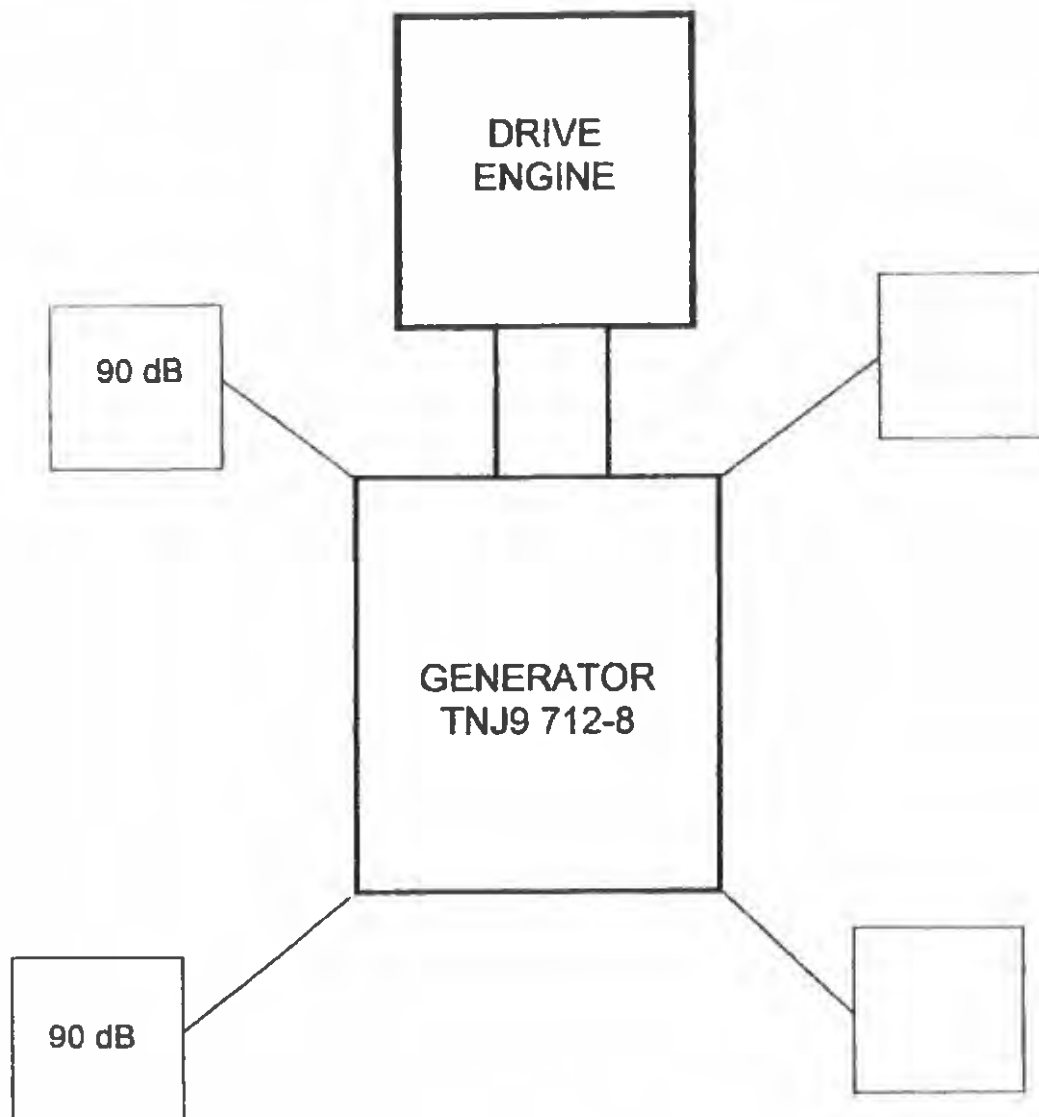
$$\eta = P_2 / P_1 = P_2 / (P_2 + P_{LOS}) = 1360 / (1360 + 80.254)$$

$$\eta = 94.43\%$$

UNIVERSITET  
TVORNICA ELEKTRIČNIH  
STROJEVA I UREĐAJA, d.d.  
PULA,

Prepared by: Nevio Bugarin

*Bugarin - Nevio*



Measurement points: Is at 1m from the generator.

-8 m from generator noise is 83 dB

Generator is running at rated speed driven by a DC prime mover, at non load with nominal voltage 6000V

Instrument used: Brüel & Kjoer—Precisio sound level meter Type 2209

Pula 22.01.2007

**F. KZ. JARNOG**  
**TVORNICA ELEKTRIČNIH**  
**STROJEVA I UREĐAJA, d.d.**  
**PULA, 17**

11

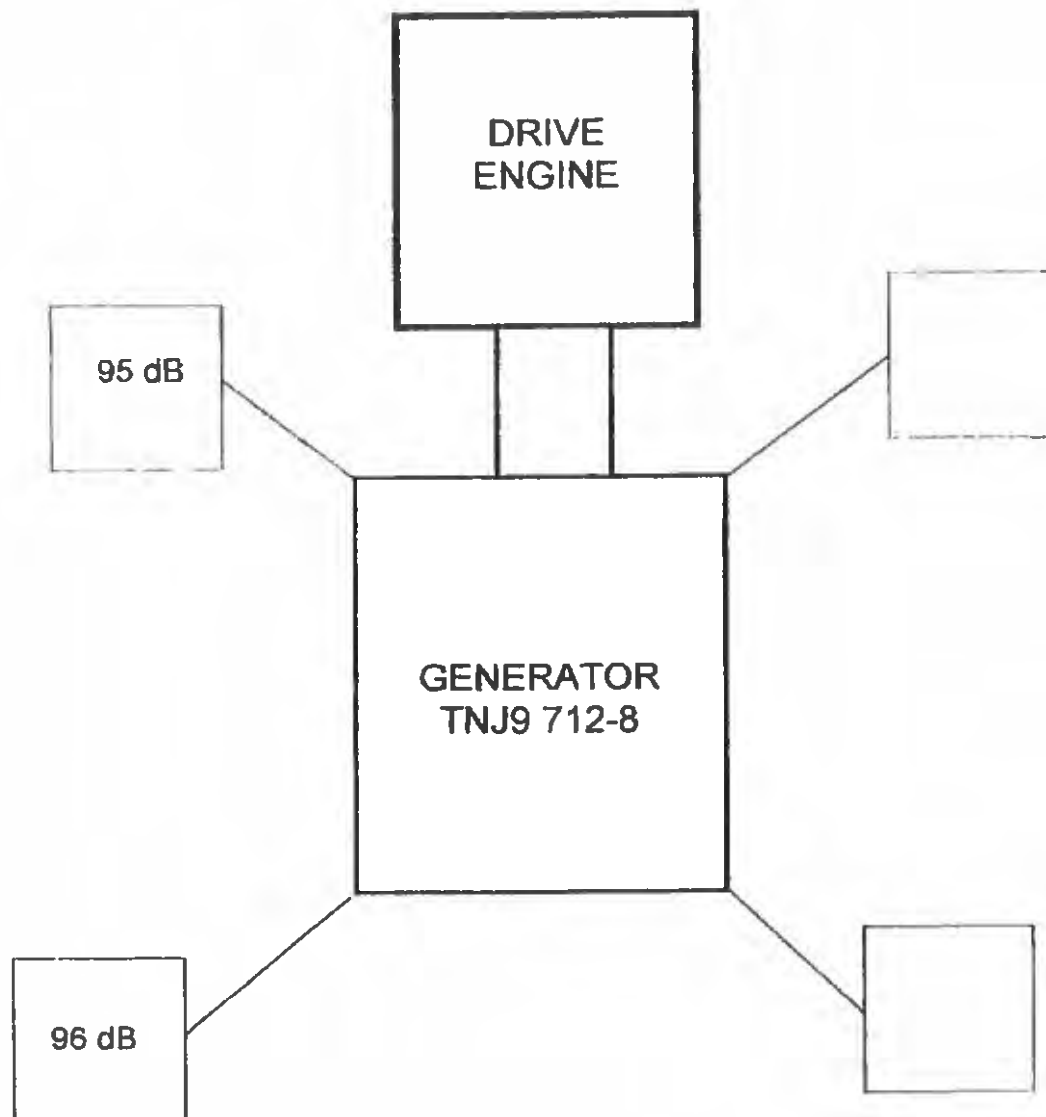
**Witnessed by:**

**Checked by:**

**Mr.Čerņeka**

Reviewed by:

Mr. Beljic



Measurement points: is at 1m from the generator.

-6 m from generator noise is 83-86 dB

Generator is running at rated speed driven by a DC prime mover, and nominal current 164 A in short circuit

Instrument used: Brüel & Kjaer—Precisio sound level meter Type 2209

Pula 22.01.2007

**ELEKTRIK**  
 TVORNICA ELEKTRIČNIH  
 STROJEVA I UREĐAJA, d.d.  
 PULA, 17

Witnessed by:		Checked by:	Mr. Černeka	Reviewed by:	Mr. Benčić
---------------	--	-------------	-------------	--------------	------------

Noise test KS 171792.doc



**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALE IDROELETTRICA ENAS DI S. LORENZO (CA)**

**VERBALE DEL SOPRALLUOGO IN OFFICINA ESEGUITO IN DATA 12.02.2007**

Sopralluogo presso lo stabilimento Uljanik-Tesu in Pula (HR) il 12/02/2007

Presenti

- per il fornitore: ing. Bugarin (TESU)
- per la D.L.: ing. Calvo (IDIT)
- per l'appaltatore: sig. Sbalchiero (ZILIO)

Il collaudo in officina ha riguardato l'effettuazione di alcune verifiche e prove sull'alternatore dell'impianto di S. Lorenzo.

L'alternatore è stato sottoposto nei giorni precedenti (9 e 10 Febbraio) a prove condotte a cura del costruttore secondo CEI EN 60034-1 per la determinazione delle grandezze caratteristiche della macchina. Il giorno 12 Febbraio si è provveduto ad eseguire alle verifiche e prove di seguito descritte.

Verifiche e prove effettuate sull'alternatore di S. Lorenzo

1. Verifica della determinazione dei rendimenti
2. Prova di sovravelocità
3. Prova di tensione degli avvolgimenti di statore e di rotore
4. Verifica delle vibrazioni
5. Verifica del livello di emissione sonora

La determinazione dei rendimenti è stata effettuata conformemente a CEI EN 60034-2 col metodo della somma delle perdite (punto 9.1 della norma); i rendimenti sono stati calcolati al 50% della potenza nominale (prescrizione contrattuale) ed al 100% della potenza nominale. Il rendimento al 50% della potenza nominale è risultato pari al 95,8% a  $\cos\phi$  pari a 0,73, a fronte della prescrizione contrattuale che prevedeva un minimo pari al 95,0% a  $\cos\phi$  pari a 0,8. La prescrizione contrattuale è perciò rispettata.

Il rendimento a pieno carico a  $\cos\phi$  0,73 è risultato pari al 94,4%.

Per la prova di sovravelocità, il generatore è stato portato alla velocità di 1800 rpm (1,8 la velocità nominale) per 120 sec, conformemente a CEI EN 60034-1 punto 8.6; non si sono riscontrate anomalie.

Per quanto riguarda la verifica delle vibrazioni della linea d'asse, le misurazioni sono state effettuate senza i carichi normalmente applicati sull'albero in fase di esercizio (volano, spinta sulla girante); le indicazioni rilevate hanno perciò valore puramente indicativo e sono comunque al di sotto dei valori limite previsti.

Il livello di emissione acustica è risultato pari a 83 dB, inferiore al massimo di 85 dB previsto contrattualmente.

In conclusione, viene accettata la fornitura dell'alternatore dell'impianto di S. Lorenzo.

Si allegano alla presente:

- copia della dichiarazione di conformità alle norme CEI EN 60034-1 ed alla Direttiva 89/366/EEC sulla compatibilità elettromagnetica
- copia del rapporto di prova
- copia del calcolo per la determinazione del rendimento al 50% della potenza nominale
- copia del calcolo per la determinazione del rendimento al 100% della potenza nominale

#### ULTERIORI NOTE

Per quanto riguarda i certificati dei materiali, il fornitore provvederà alla consegna del dossier all'Appaltatore, che provvederà a trasmetterne una copia alla DL.

Pula, 12 febbraio 2007

Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche  
Dott. Ing. Stefano Calvo



 <b>ULJANIK</b> TESU dd CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-006  Page: 1 / 5
---	---	---

Date of test: 12.02.2007

## 1. TECHNICAL DATA

Type:	TNJ9 710-6 K:9075		Serial No:	061791.1	Year of production:	2007
Rated output (kVA):	1600		Rated voltage (V):	6000	Rated current (A):	154
Rated frequency (Hz):	50		Cos $\varphi$ :	0,8	Ambient temperature (°C):	40
Excitation voltage (V):			Excitation current (A):		Duty type:	S1
Sub-transient reactance (%):	Xd"; 18,3 Xq"; 18,6		Insulation class:	F	Air gap (mm):	3,0
Mounting:	B3		Degree of protection:	IP 55	Speed (1/min):	1000
Bearing: AS-Drive End	EFZLA 22-200-225 Typ22-260Typ32			Bearing: BS-Not Drive End	EFZLQ 18-180-200 Typ12-200Typ10	
Bearing lubrication:	Lubricating oil DIN 51517-C68 Class of viscosity ISO VG68				Weight (t):	11

## 2. ADDITIONAL DATA

Rules:	VDE 0530	Intended for:	ZILIO ELETTRA S.LORENZO
Customer's order No:	509/2006	Manufacturer's order No:	371791

## 3. TESTS

### 3.1 Winding resistance measurement before testing at ambient temperature 18 °C

Generator			Exciter		
Stator (U-V)	0,4709	$\Omega$	Annature	0,03926	$\Omega$
Rotor	0,5095	$\Omega$	Field	5,6	$\Omega$

Heaters ( $\Omega$ )	Temperature detectors (ETD) - PT100 ( $\Omega$ )										
105-106	41-44	42-45	43-46	47-50	48-51	49-52	53-54	55-56	57-58	59-60	61-62
155,7	106,2	106,2	106,2	106,2	106,2	106,2	106,2	106,9	106,9	106,2	106,2

### 3.2 Insulation resistance measurement before testing with 500V M $\Omega$ -meter

Stator (M $\Omega$ )	Rotor (M $\Omega$ )	Exciter (M $\Omega$ )	ETD (M $\Omega$ )	Heaters (M $\Omega$ )
200	200	200	200	200

 <b>ULJANIK</b> TESU dd CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-006  Page: 2 / 5
---	---	---

### 3.3 Measuring of no-load characteristics and short circuit characteristics

No-load test		Frequency (Hz)	Short-circuit test	
Voltage (V)	Excit. Current (A)		Current (A)	Excit. Current (A)
1000	0,293	50	39	1,75
2000	0,550	50	77	3,40
3000	0,810	50	116	5,15
4000	1,060	50	154	6,75
5000	1,500	50	193	8,45
6000	1,860	50	231	10,1
7000	2,450	50		
8000	3,560	50		
9000	5,400	50		
435	-	50		

### 3.4 Winding test

Voltage:	9000	V	Duration:	180	sec.
----------	------	---	-----------	-----	------

### 3.5 Excitation unit

	Frequency (Hz)	Voltage (V)	Current (A)	Cos $\varphi$	Excitation	
					(A)	(V)
No load test without controller	50	6000	-	-	1,86	11
Load test without controller	50	6000	86	0,789	5,35	33

### 3.6 Phase voltage comparison

U-V =	6000	V	U-W =	6000	V	V-W =	6000	V
-------	------	---	-------	------	---	-------	------	---

### 3.7 Sense of rotation and sense of phase test

Sense of rotation:	CW	Sense of phase	CW
--------------------	----	----------------	----

### 3.8 Heat run test (alternative methods for temperature rise calculations)

#### 3.8.1 Heat run test without excitation

Time	Freq. (Hz)	Cos $\varphi$	Voltage (V)	Current (A)	Excitation		Temperature ( °C)					
					(A)	(V)	Air in	Air out	Casing	Bear.AS*	Bear.BS	ETD
07.30	50	-	-	-	-	-	16	19	17	20/22	24	22
08.00	50	-	-	-	-	-	17,5	21	19	67/30	43	23,5
08.30	50	-	-	-	-	-	18	22	20	41/33	47	24

\* Drive end bearing temperature radial/axial

 <b>ULJANIK</b> TESU dd CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-006  Page: 3 / 5
---	---	---

Temperature rise (used resistance method)

Stator winding U-V	Resistance (Ω)	Σ sec.	Rotor winding J-K	Resistance (Ω)	Σ sec.
	0,472	60		0,5937	90
	0,468	120		0,5932	150
	0,4655	180		0,593	210
	0,4645	240		0,5929	270
	0,4775	0		0,5966	0

Temperature rise after heat run test without excitation at ambient temperature: 18 °C

Stator (Δts1):	3,55	K	Rotor (Δtr1):	3,05	K
----------------	------	---	---------------	------	---

### 3.8.2 No-load heat run test with rated voltage

Time	Freq. (Hz)	Cos φ	Voltage (V)	Current (A)	Excitation		Temperature (°C)					
					(A)	(V)	Air in	Air out	Casing	Bear.AS*	Bear.BS	ETD
08.35	50	-	6000	-	1,8	10,5	18,0	22	20	36/31	40	224
09.00	50	-	6000	-	1,85	10,5	19,0	23	21	41/33	46	28
09.30	50	-	6000	-	1,85	10,5	19,5	25	22	43/35	48	31
10.00	50	-	6000	-	1,86	10,6	20,0	26	23	45/37	49	32
10.30	50	-	6000	-	1,87	10,6	20,5	27	24	46/38	50	33

\* Drive end bearing temperature radial/axial  
 Temperature rise (used resistance method)

Stator winding U-V	Resistance (Ω)	Σ sec.	Rotor winding J-K	Resistance (Ω)	Σ sec.
	0,4957	60		0,6104	90
	0,4932	120		0,6101	150
	0,4925	180		0,6099	210
	0,4923	240		0,6098	270
	0,5021	0		0,6110	0

Temperature rise after no-load heat run test with rated voltage at ambient temperature: 20,5 °C

Stator (Δts2):	14,2	K	Rotor (Δtr2):	9,24	K
----------------	------	---	---------------	------	---

### 3.8.3 Short-circuit heat run test with rated stator current

Time	Freq. (Hz)	Cos φ	Voltage (V)	Current (A)	Excitation		Temperature (°C)					
					(A)	(V)	Air in	Air out	Casing	Bear.AS*	Bear.BS	ETD
10.35	50	-	-	154	6,67	39,0	20,5	24,0	24,0	40/35	45,0	34
11.00	50	-	-	154	6,82	40,5	21,0	25,0	25,0	44/36	48,0	61
11.30	50	-	-	154	6,90	41,0	21,5	28,0	28,0	46/38	50,0	59
12.00	50	-	-	154	6,90	41,5	22,0	29,0	29,0	47/39	51,0	62
12.30	50	-	-	154	6,90	41,5	22,2	30,0	30,0	48/40	52,0	63
13.00	50	-	-	154	6,90	41,5	22,5	31,0	31,0	49/41	52,5	63
13.30	50	-	-	154	6,90	41,5	22,8	31,5	31,5	49/41	53,0	64
14.00	50	-	-	154	6,90	41,5	23	31,5	31,5	49/41	53,0	64

\* Drive end bearing temperature radial/axial



 <b>ULJANIK</b> TESU dd CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-006  Page: 4 / 5
---	---	---

Temperature rise (used resistance method)

Stator winding U-V	Resistance (Ω)	Σ sec.	Rotor winding J-K	Resistance (Ω)	Σ sec.
	0,5630	60		0,6834	90
	0,5613	120		0,6795	150
	0,5600	180		0,6767	210
	0,5590	240		0,6747	280
	0,5652	0		0,6923	0

Temperature rise after short-circuit heat run test with rated stator current at ambient temperature: 23 °C

Stator (Δts3):	45,7	K	Rotor (Δtr3):	39,1	K
----------------	------	---	---------------	------	---

#### RESULTS:

The calculation of the heat run results up to rated conditions:

1. for the stator windings

Stator temp. rise Δts:	Δts = Δts3 + Δts2 - Δts1	63,51 K
------------------------	--------------------------	---------

2. for the rotor windings

Ircr – rotor current with nominal rated / calculation data

Ircsc – rotor current with short circuit cond./ calculation data

Ircr (A):	141,3	Ircsc (A):	114,1
-----------	-------	------------	-------

Rotor temp. rise – Δtr:	Δtr = Δtr2 + (Δtr3 - Δtr1) * (Ircr / Ircsc) **2	64,5 K
-------------------------	---	--------

Temperature rise after heating test run at ambient temperature: 23 °C

Stator:	Rotor:	Exc.-Field:	Exc.-Rotor:	Bear. AS	Bear. BS	Casing
63,51 K	64,5 K	K	K	26 K	30 K	8,5 K

### 3.9 Overspeed test

Speed:	1800	1/min	Duration:	120	sec.
--------	------	-------	-----------	-----	------

### 3.10 Vibration test

Speed (1/min)	Drive-end (mm/s)			Non-drive-end (mm/s)		
	→	↓	⊗	→	↓	⊗
1000	0,53	0,30	0,72	0,78	1,60	0,80

### 3.11 High voltage test

Duration: 60 sec.

	Stator	Rotor	Exciter	ETD	Heaters
Test voltage (V)	13000	1500	1500	1500	1500

 <b>H. JANIĆ</b> TESU d.d. CROATIA - PULA	<b>TEST CERTIFICATE</b> FOR THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR	No. 3760-703-RK-07-006  Page: 5 / 5
--	---	---

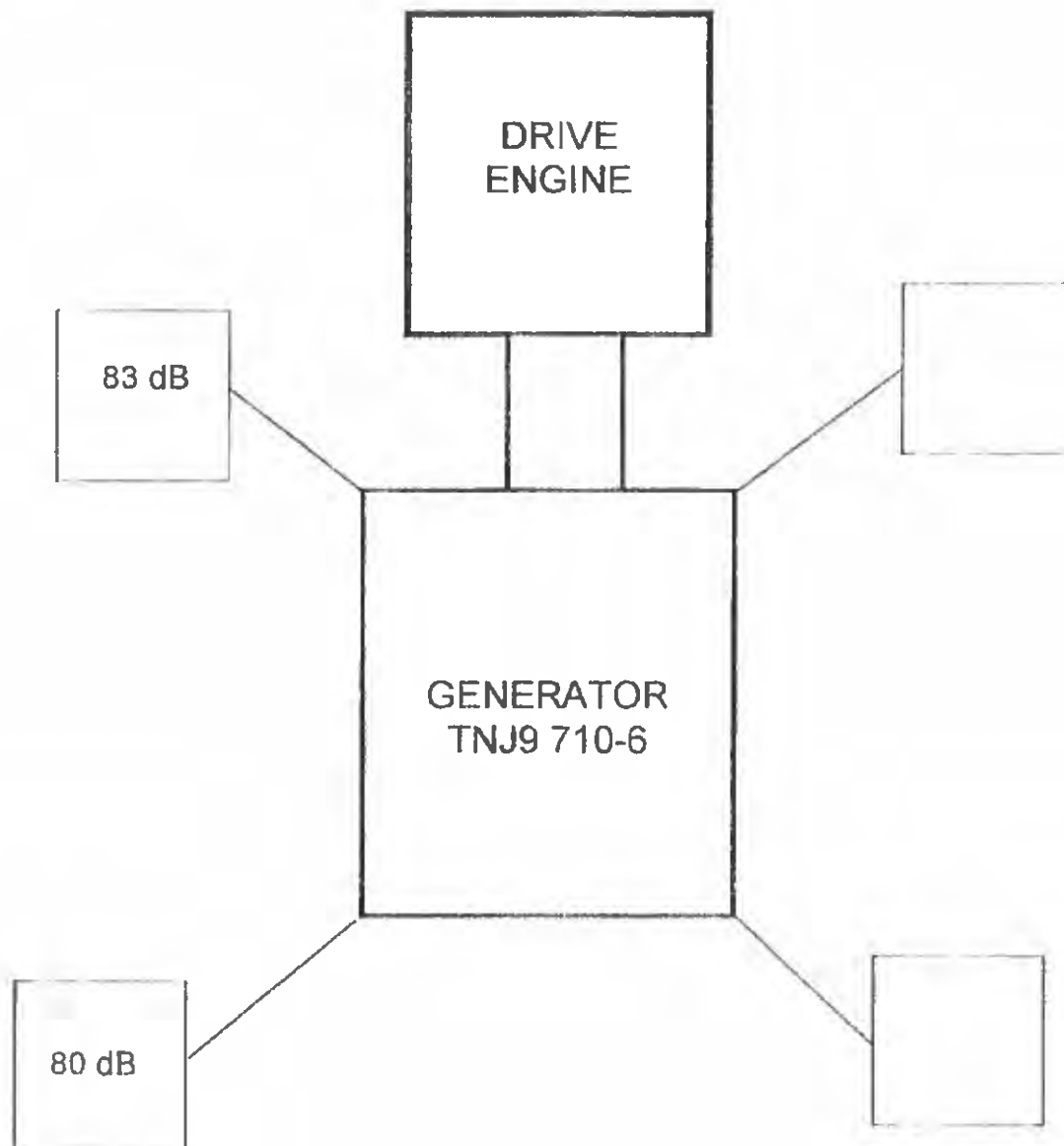
**3.12 Insulation resistance measurement after testing with 1000V MΩ -meter**

Stator (MΩ)	Rotor (MΩ)	Exciter (MΩ)	ETD (MΩ)	Heaters (MΩ)
200	200	200	200	200

**REMARK:**

**H. JANIĆ**  
**IZVORNICA ELEKTRIČNIH**  
**STROJEVA I UREĐAJA, d.d.**  
**PULA**

Witnessed by:	Mr.Sbalchiero, Mr.Calvo	Checked by:	Mr.Jurić, Mr.Halilović	Reviewed by:	Mr. Benčić
---------------	----------------------------	-------------	---------------------------	--------------	------------



Measurement points: is at 1m from the generator.

-6 m from generator noise is 75-76 dB

Generator is running at rated speed driven by a DC prime mover, and nominal current 154 A in short circuit

Instrument used: Brüel & Kjaer—Precisio sound level meter Type 2209

Pula 12.02.2007

Witnessed by:		Checked by:	Mr.Černeka	Reviewed by:	Mr.Benčić
---------------	--	-------------	------------	--------------	-----------

# DETERMINATION OF LOSSES ACC. IEC 34-2 BY SUMMATION-50%load

Generator type TNJ9 710-6 (K9075, 1600kVA, 6 kV, 1000 rpm)

Temperature Stator 60°C, rotor 60°C

The total losses is taken as the sum of the following component losses:

## a) CONSTANT LOSSES

- Losses in active iron, and additional no load losses in other metal parts
- Losses due to friction
- Ventilation losses

From NO LOAD test we derived the above losses for nominal voltage 6000V

There are:

- No load losses without excitation of generator

$$P_{NL1} = 720 \text{ V} \cdot 23.3 \text{ mV} \cdot 60 \text{ A} / 60 \text{ mV} - (9 \text{ 643 W} + 23.3^2 \text{ A} \cdot 0.012 \Omega + 2 \text{ V} \cdot 23.3 \text{ A})$$

$$P_{NL1} = 7 \text{ 021 W} = \text{friction losses} + \text{ventilation losses}$$

- No load losses with excitation of generator

$$P_{NL2} = 720 \text{ V} \cdot 32.5 \text{ mV} \cdot 60 \text{ A} / 60 \text{ mV} - (9 \text{ 643 W} + 32.5^2 \cdot 0.012 \Omega + 2 \text{ V} \cdot 32.5 \text{ A})$$

$$P_{NL2} = 13 \text{ 681 W}$$

- Losses in active iron

$$P_{\text{IRON}} = P_{NL2} - P_{NL1}$$

$$P_{\text{IRON}} = 6 \text{ 660 W}$$

## b) LOAD LOSSES

$$P_{\text{CU}} = I^2 \cdot R_a \cdot 3 \quad \text{in armature winding}$$

Nominal current 77 A

Measured stator resistance per phase  $R_{a18} = 0.23 \Omega$  at 18 °C

Calculated stator resistance at 60 °C

$$R_a = 0.23 [1 + 0.0039 \cdot (60 - 18)]$$

$$R_a = 0.27 \Omega$$

$$P_{\text{CU}} = 77^2 \cdot 0.27 \cdot 3$$

$$P_{\text{CU}} = 4 \text{ 802 W}$$

Note: Generator is driven by DC motor with no load losses at 1000rpm  $P_{\text{DC}} = 9643 \text{ W}$

c) **ADDITIONAL LOAD LOSSES**

- Losses introduced by load in active iron and other parts other than conductors
- Eddy current losses in armature winding conductors

\* The total electrical losses in the short circuit for generator loaded by nominal current are:

$$P_{cs} = U_a \cdot I_a - P_{LOS DC} = U_a \cdot I_a - (P_{DC} + I_{DC}^2 \cdot R_{DC} + 2V \cdot I_{DC})$$

$$P_{cs} = 720V \cdot 31.4mA - 60A/60mV - (9.643W + 31.4^2 A \cdot 0.012 \Omega + 2V \cdot 31.4 A)$$

$$P_{cs} = 16.892 W$$

\* The calculated excitation losses

$I_R$  = estimated excitation current in short circuit at 50 % nominal load = 57 A

$R_{R18}$  = measured main rotor resistance at 18°C = 0.5895  $\Omega$

$$R_{R60} = 0.68 \Omega$$

$$P_{EXC} = 57^2 \cdot 0.68$$

$$P_{EXC} = 2.209 W$$

Additional losses are

$$P_{AD} = 16.892 + 4.802 + 2.209$$

$$P_{AD} = 9.881 W$$

d) **EXCITATION CIRCUIT LOSSES AT NOMINAL LOAD (temp. 60°C)**

$I^2 \cdot R$  losses in the excitation windings

All the losses in the exciter

\* Estimated excitation current for 50% of nominal load is 70.7 A DC

\* Estimated exciter rotor excitation current for 6 phase diode rectifier is 0.816 · 70.7 = 57.7 AC

\* Main rotor resistance measured and recalculated at 60 °C is 0.68  $\Omega$

\* Measured exciter rotor resistance per phase at 18°C is 0.0196  $\Omega$

\* Calculate exciter rotor resistance at 60 °C is 0.022  $\Omega$

$$\text{Main rotor losses} = I^2 \cdot R = 70.7^2 \cdot 0.68 = 3.399 W$$

$$\text{Exciter rotor losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R = 3 \cdot 57.7^2 \cdot 0.022 = 226 W$$

$$\text{Losses in rotating rectifier } 2V \cdot I = 2 \cdot 70.7 = 141.4 W$$

$$\text{Excitation circuit losses} = 3.399 + 226 + 141 = 3.766 W$$

The total losses are the sum of a+b+c+d

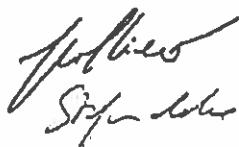
$$P_{LOS} = 13.681 + 4.802 + 9.881 + 3.766$$

$$P_{LOS} = 32.130 W$$

Efficiency of generator

$$\eta = P_2 / P_1 = P_2 / (P_2 + P_{LOS}) = 640 / (640 + 32.13)$$

$$\eta = 95.2\%$$



Prepared by: Nevio Bugarin



SAN LORONZO

## DETERMINATION OF LOSSES ACC. IEC 34-2 BY SUMMATION-100%load

Generator type TNJ9 710-6 (K9075 ,1600kVA, 6 kV, 1000 rpm)  
Temperature Stator 90°C , rotor 90°C

The total losses is taken as the sum of the following component losses:

### a) CONSTANT LOSSES

- Losses in active iron, and additional no load losses in other metal parts
- Losses due to friction
- Ventilation losses

From NO LOAD test we derived the above losses for nominal voltage 6000V

There are:

- No load losses without excitation of generator

$$P_{NL1} = U_a \cdot I_a - P_{LOSSDCM} = U_a \cdot I_a - (P_{DC} + I_{DC}^2 \cdot R_{DC} + 2V \cdot I_{DC})$$

$$P_{NL1} = 720 \text{ V} \cdot 23.3 \text{ mV} \cdot 60 \text{ A} / 60 \text{ mV} - (9643 \text{ W} + 23.3^2 \text{ A} \cdot 0.012 \Omega + 2 \text{ V} \cdot 23.3 \text{ A})$$

$$P_{NL1} = 7021 \text{ W} = \text{friction losses} + \text{ventilation losses}$$

- No load losses with excitation of generator

$$P_{NL2} = 720 \text{ V} \cdot 32.5 \text{ mV} \cdot 60 \text{ A} / 60 \text{ mV} - (9643 \text{ W} + 32.5^2 \cdot 0.012 \Omega + 2 \text{ V} \cdot 32.5 \text{ A})$$

$$P_{NL2} = 13681 \text{ W}$$

- Losses in active iron

$$P_{IRON} = P_{NL2} - P_{NL1}$$

$$P_{IRON} = 6660 \text{ W}$$

### b) LOAD LOSSES

$P_{CU} = I^2 \cdot R_a \cdot 3$  in armature winding

Nominal current 154A

Measured stator resistance per phase  $R_{a18} = 0.23 \Omega$  at 18 °C

Calculated stator resistance at 90 °C

$$R_a = 0.23 [1 + 0.0039 \cdot (90 - 18)]$$

$$R_a = 0.3 \Omega$$

$$P_{CU} = 154^2 \cdot 0.3 \cdot 3$$

$$P_{CU} = 21344 \text{ W}$$

Note: Generator is driven by DC motor with no load losses at 1000rpm  $P_{DC} = 9643 \text{ W}$

c) **ADDITIONAL LOAD LOSSES**

- Losses introduced by load in active iron and other parts other than conductors
- Eddy current losses in armature winding conductors

\* The total electrical losses in the short circuit for generator loaded by nominal current are:

$$P_{cs} = U_a \cdot I_a - P_{LOS DC} = U_a \cdot I - (P_{DC} + I_{DC}^2 \cdot R_{DC} + 2V \cdot I_{DC})$$

$$P_{cs} = 720V \cdot 56.6mA \cdot 100A/60mV - (9.643W + 94.3^2 A \cdot 0.012 \Omega + 2V \cdot 94.3 A)$$

$$P_{cs} = 57.957 W$$

- \* The calculated excitation losses

$I_R$  = calculated excitation current in short circuit at nominal load = 141 A

$R_{R18}$  = measured main rotor resistance at 18°C = 0.5895  $\Omega$

$$R_{R90} = 0.75 \Omega$$

$$P_{EXC} = 114.3^2 \cdot 0.75$$

$$P_{EXC} = 9.798 W$$

Additional losses are

$$P_{AD} = 57.957 + 21.344 + 9.798$$

$$P_{AD} = 26.815 W$$

d) **EXCITATION CIRCUIT LOSSES AT NOMINAL LOAD (temp. 90°C)**

$I^2 \cdot R$  losses in the excitation windings

All the losses in the exciter

\* Calculated excitation current is 141.3 A DC

\* Calculated exciter rotor excitation current for 6 phase diode rectifier is

$$0.816 \cdot 141.3 = 115.3 AC$$

\* Main rotor resistance measured and recalculated at 90 °C is 0.75  $\Omega$

\* Measured exciter rotor resistance per phase at 18°C is 0.0196  $\Omega$

\* Calculate exciter rotor resistance at 90 °C is 0.025  $\Omega$

$$\text{Main rotor losses} = I^2 \cdot R = 141.3^2 \cdot 0.75 = 14.974 W$$

$$\text{Exciter rotor losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R = 3 \cdot 115.3^2 \cdot 0.025 = 997 W$$

$$\text{Losses in rotating rectifier } 2V \cdot I = 2 \cdot 141.3 = 283 W$$

$$\text{Excitation circuit losses} = 14.974 + 997 + 283 = 16.254 W$$

The total losses are the sum of a+b+c+d

$$P_{LOS} = 13.681 + 21.344 + 26.815 + 16.254$$

$$P_{LOS} = 78.094 W$$

Efficiency of generator

$$\eta = P_2 / P_1 = P_2 / (P_2 + P_{LOS}) = 1280 / (1280 + 78)$$

$$\eta = 94.3\%$$

Prepared by: Nevio Bugarin

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

## Ente acque della Sardegna

**LAVORI:** Lavori di mantenimento in servizio delle centrali di Uvini e Santu Miali e di realizzazione di due centrali idroelettriche nell'ambito del nuovo acquedotto che collega il lago Mulargia agli impianti di potabilizzazione dell'area di Cagliari - Minicentrali idroelettriche di San Lorenzo e Simbirizzi.

**FINANZIAMENTO:** Regione Autonoma della Sardegna a carico del POR 2000\2006. Misura 1.6\Energia con Deter. del Dir. Serv. Infrastrutture Territoriali ed Energia dell'Assessorato dell'Industria n° 583 del 18.09.2001.

**DITTA APPALTATRICE:** ELECA S.p.A., con sede legale in Via Como n° 214/216 a Cantù, codice fiscale e numero d'iscrizione al Registro delle Imprese di Como: 01656810130.

**CONTRATTO PRINCIPALE:** Repertorio n° 26354 (raccolta n° 14284) del 07.06.2005 registrato a Cagliari il 20.06.2005 al n° 2432.

**ATTO AGGIUNTIVO:** Repertorio n° 27865 (raccolta n° 15276) del 25.01.2006 registrato a Cagliari il 31.01.2006 al n° 207.

**IMPORTO:** a base d'asta Euro 3'380'586.41.

**RIBASSO:** 11.44%

**IMPORTO:** netto di aggiudicazione Euro 3'013'527.91.

### VERBALE DI PROVE DI FUNZIONAMENTO E CONSEGNA PROVVISORIA DELLE OPERE ALL'ENTE ACQUE DELLA SARDEGNA

*(art. 27 dell'Annesso al Contratto)*

L'anno duemilaotto il giorno ventisei del mese di giugno,

**visti:**

- il contratto di appalto per la progettazione esecutiva e la realizzazione dei lavori di cui trattasi, stipulato in data 07.06.2005, rep. 26354,

- registrato a Cagliari il 20.06.2005 al n° 2432;
- l'atto aggiuntivo del 25.01.2006, rep. 27865, registrato a Cagliari il 31.01.2006 al n° 207, al quale veniva allegato il progetto esecutivo, redatto a cura dell'Impresa ELECA S.p.A., approvato con Determinazione del Coordinatore del Servizio Costruzioni dell'Ente n° 1303 del 20.12.2005;
  - i verbali dei sopralluoghi in officina eseguiti in data 04.08.2006, 16.10.2006, 21.11.2006, 19.01.2007, 22.01.2007, 12.02.2007 ai sensi e per gli effetti del Capitolato Speciale d'Appalto;
  - i verbali delle prove di funzionamento provvisorio, effettuate in data 16.05.2007, 30.05.2007, 06÷07.06.2007, 10÷11.10.2007, 07÷08.11.2007, ai sensi e per gli effetti dell'art. 24 dell'Annesso al contratto;
  - la lettera in data 08.11.2007 con cui l'impresa ha trasmesso tre copie dei certificati di collaudo e della Denuncia c.a. presentata alla Direzione Generale dei Lavori Pubblici della Regione in data 13.03.2007 (prot. n° 0004987) e relativi allegati a firma dell'ing. Giuseppe Rizzo (Ordine degli Ingegneri di Cagliari - n° 755);
  - le lettere in data 29.11.2007, 20.12.2007 e 19.02.2008 con cui l'Impresa ha trasmesso copia degli elaborati di consistenza;
  - i verbali delle verifiche degli impianti elettrici, effettuate in data 29÷30.11.2007, ai sensi e per gli effetti dell'art. 24 dell'Annesso al contratto;
  - la lettera in data 31.03.2008, prot. n° 142, con la quale l'Impresa chiedeva di poter effettuare in data 03÷04.04.2008 prove prodromiche alle prove di funzionamento;
  - il verbale delle prove prodromiche alle prove di funzionamento, effettuate in data 03÷04.04.2008;

GH

ACI

- i report relativi al periodo di avviamento trasmessi dall'Impresa con lettera del 28.05.2008;
- i certificati dei rilievi fonometrici eseguiti in data 30.05.2008 e 03.06.2008 e consegnati dall'Impresa in data 04.06.2008;
- la lettera prot. 777-08 del 30.05.2008 con la quale l'Impresa comunicava l'avvenuto adempimento degli oneri previsti dall'art. 25 dell'Annesso al contratto concernenti l'avviamento e l'esercizio provvisorio dell'impianto e richiedeva di poter effettuare in data 05÷06.06.2008 le prove di funzionamento di cui all'art. 27 dell'Annesso al contratto;
- la nota del 04.06.2008 con la quale il Direttore dei Lavori, nell'invitare l'Impresa alla consegna della documentazione prevista contrattualmente, fissava l'inizio delle prove di funzionamento ex art. 27 dell'Annesso al contratto per i giorni 05÷06.06.2008;
- il verbale delle prove di funzionamento, effettuate in data 05÷06.06.2008, ai sensi e per gli effetti dell'art. 27 dell'Annesso al contratto che si allega al presente verbale sotto la lettera 'A' per farne parte integrante e sostanziale;
- la lettera in data 12.06.2008 con la quale l'Impresa ha provveduto alla consegna della documentazione tecnica finale relativa agli impianti;
- la lettera in data 23.06.2008 con la quale l'Impresa ha provveduto alla consegna della documentazione ISPESL, del *Manuale operativo dell'impianto* e del *Piano di manutenzione delle opere* unitamente alla documentazione prevista dall'art. 27 dell'Annesso al contratto;

**considerato:**

- che in data 26.03.2007, con lettera prot. 588-07, l'Impresa ha chiesto di poter iniziare le prove di funzionamento di cui all'art. 24 dell'Annesso al contratto per l'impianto di Simbirizzi;

GH

ACF



- che la Direzione Lavori, riscontrata l'impossibilità di effettuare le prove di funzionamento dell'impianto di San Lorenzo causa indisponibilità del gruppo di produzione, in data 22.05.2007 ha comunque disposto l'inizio del periodo di avviamento degli impianti a partire dal 30.05.2007;
- che l'Impresa ha provveduto ad avviare ed esercire con proprio personale direttivo l'impianto, così come previsto dall'art. 25 dell'Annesso al contratto, sostituendo ove d'uopo le parti e/o le apparecchiature risultate difettose;
- che l'impianto ha avuto un funzionamento sia discontinuo che continuo con funzionamento 24 ore su 24;
- che l'esercizio dell'impianto può considerarsi normalizzato;
- che è quindi stato possibile procedere ad i controlli ed alle prove di funzionamento dell'impianto previste dall'art. 27 dell'Annesso al contratto finalizzate, tra l'altro alla presa in consegna provvisoria dell'impianto da parte dell'ENAS;

tutto ciò premesso e considerato, sono convenuti sul luogo dei lavori, previa convocazione scritta in data 23.06.2008, oltre al sottoscritto dott. ing. Marco Braghini, Direttore dei Lavori in epigrafe:

- il dott. ing. Giancarlo Pusceddu, Direttore operativo dei Lavori in epigrafe relativamente agli impianti elettrici, nonché Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione;
- il Sig. Andrea Caviezel, munito di specifica delega scritta da parte del Sig. Roberto Manzoni, Legale Rappresentante di ELECA S.p.A. che si allega al presente verbale, sotto lettera B, per farne parte integrante e sostanziale;
- gli ingg. Damiano Zilio e Thomas Vico, in rappresentanza dell'Impresa Zilio, subappaltatrice degli impianti elettrici;

- l'Ing. Giorgio Sanna, nella sua qualità di Direttore Generale dell'Ente acque della Sardegna ;

si è dato pertanto inizio al sopralluogo agli impianti, riscontrando il corretto funzionamento degli impianti stessi.

In conclusione,

*Atteso* che gli impianti hanno correttamente funzionato nel loro complesso, per il periodo previsto dall'art. 25 dell'Annesso al contratto, sia con funzionamento discontinuo che continuo;

*Espletati* i controlli e le prove di funzionamento sull'impianto di cui agli artt. 24 e 27 dell'Annesso al contratto;

*Accertato* che gli impianti di che trattasi, incluse le relative attinenze, risultano allo stato attuale efficienti e funzionanti come risulta dal presente verbale di prova di funzionamento;

*Atteso* che i malfunzionamenti riscontrati sono relativi alla *valvola di bypass* della centrale di San Lorenzo e non inficiano il regolare funzionamento dell'impianto e che l'Impresa si è impegnata, a propria cura e spese, a riparare entro 21 giorni dalla data del presente verbale tale valvola nonché a verificare l'efficienza delle valvole presenti nei due impianti ed in particolare quelle di fornitura ACOMO;

*Atteso* che l'Impresa si è impegnata ad intervenire entro 21 giorni dalla data del presente verbale allo scopo di effettuare la verifica delle *tenute delle turbine*;

*Atteso* che le non conformità contrattuali riscontrate non pregiudicano la funzionalità dell'impianto;

*Atteso* che l'Impresa si è impegnata a trasmettere entro 15 giorni dalla data del presente verbale copia delle pratiche ISPEL relative ai carri ponte, ai sensi della normativa vigente;

*Vista* la consegna della documentazione di consistenza dell'opera, dei manuali di funzionamento e manutenzione delle singole apparecchiature e degli ulteriori documenti previsti dall'Annesso al contratto;

*Vista* la consegna del Manuale operativo dell'impianto e del Piano di manutenzione delle opere prevista dall'Annesso al contratto;

*Atteso* che l'Impresa si è impegnata a consegnare entro 15 giorni dalla richiesta della Committenza eventuali integrazioni del software di gestione, delle documentazioni e delle certificazioni previste dal Contratto o comunque necessarie al corretto funzionamento dell'impianto;

*Vista* la necessità espressa dall'Ente di poter disporre delle opere eseguite prima del loro collaudo definitivo;

*Fatta salva* la compilazione dello stato finale e dei documenti di natura amministrativa;

l'Ente Acque della Sardegna;

### **PRENDE IN CONSEGNA PROVVISORIA**

dall'Impresa 'ELECA SpA' gli impianti di Simbirizzi e San Lorenzo e relative attinenze, restando inteso che dalla data odierna l'ENAS provvederà, a sua cura e spese, all'esercizio ed alla conduzione delle opere interessate, esclusi gli interventi manutentori attribuibili ad eventuali difetti costruttivi, da accertarsi in contraddittorio con l'Impresa che rientrano nell'ambito della garanzia che l'impresa costruttrice assicura, così come contemplato dall'art. 29 dell'Annesso al Contratto di Appalto, per un periodo di 24 (ventiquattro) mesi a partire dalla data di emissione del certificato di collaudo provvisorio in cui avviene la presa in consegna dell'impianto da parte dell'Amministrazione ai sensi delle pattuizioni contrattuali.

GR

AKI

La consegna provvisoria dell'impianto, così come formalizzata dal presente verbale, assumerà carattere definitivo, ai sensi e per gli effetti dell'art. 29 dell'Annesso al Contratto di Appalto, alla data di sottoscrizione del certificato di collaudo da parte dell'Ente.

Di quanto sopra si è redatto il presente verbale in quadruplica copia che, previa lettura e conferma, viene sottoscritto dalle parti.

IL DIRETTORE GENERALE DELL'ENAS

Dott. Ing. Giorgio Sanna

IL DIRETTORE DEI LAVORI

Dott. Ing. Marco Braghini

PER L'IMPRESA

Sig. Andrea Caviezel

**CENTRALI IDROELETTRICHE E.A.F.  
CONSORZIO DI PROGETTAZIONE**

Lombardi SA, IDIT S.r.l., Studio Pietrangeli S.r.l., SA Zucca-Pusceddu-Grivel

**MANTENIMENTO IN SERVIZIO DELLE CENTRALI DI UVINI E SANTU MIALI E  
REALIZZAZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL  
NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI  
POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI.**

**MINICENTRALI IDROELETTRICHE DI SAN LORENZO E SIMBIRIZZI**

**VERBALE DELLE PROVE ESEGUITE IN DATA 05 E 06 GIUGNO 2008**

**1 PREMESSA**

I giorni 05 e 06 Giugno 2008, alla presenza:

- dell'Appaltatore nelle persone degli ingg. Thomas Vico e Daniele Cabianca e dei sigg. Maurizio Sbalchiero e Paolo Maso (questi due ultimi nel solo giorno di venerdì 6 dalle ore 12);
- della Direzione Lavori nelle persone del Direttore Lavori ing. Marco Braghini, del Direttore Operativo per le installazioni elettromeccaniche, ing. Stefano Calvo e del Direttore Operativo per gli impianti elettrici, ing. Giancarlo Pusceddu (quest'ultimo solo nei pomeriggi);
- del Servizio Gestione dell'ENAS nelle persone dei sigg. Urbano Lecca, Camillo Vacca e Giorgio Sarritzu (quest'ultimo nel solo giorno di giovedì 5);

su richiesta dell'impresa, si sono svolte presso le centrali di Simbirizzi e S. Lorenzo le prove di funzionamento di cui all'art. 27 dell'Annesso Disposizioni Amministrative al Contratto di Appalto.

Le prove condotte hanno riguardato la verifica dei tempi di funzionamento degli organi di intercettazione e la determinazione dei rendimenti delle macchine installate, secondo quanto richiesto dal Capitolato Speciale di Appalto parte I, artt. 4.1 e 9.1, nonché la verifica delle sovrapressioni a monte degli organi di intercettazione.

Non è stata ripetuta la misura della massima potenza dei gruppi in quanto:

- sarebbe stato necessario assicurare un assetto di rete di difficile e lunga realizzazione, con necessità di manovre su altri organi esterni alla centrale e con sfiori di portate non a lungo sostenibili dagli alvei di recapito;
- le misure sono peraltro state già effettuate in precedenti occasioni (rif. verbali del 07-08 Novembre 2007 e 3-4 Aprile 2008), con risultati ampiamente superiori ai valori contrattuali.

La lettura delle misure necessarie alle varie elaborazioni è stata eseguita mediante la registrazione delle grandezze di interesse in un'apposita pagina del supervisore di centrale.

L'Impresa ha provveduto a strumentare le sezioni 1 e 2 delle turbine (alta pressione e bassa pressione) con trasduttori di pressione Siemens mod. Sitrans serie Z con campo scala 0÷16 bar (sez. 1), 0÷4 bar (sez. 2 impianto di Simbirizzi) e 0÷1 bar (sez. 2 impianto di S. Lorenzo).

La misura di portata è stata rilevata mediante un trasduttore ad ultrasuoni GE Panametrics mod. AT868 installato da ENAS sulla condotta.



I valori di potenza e di corrente sono stati rilevati dallo strumento installato sul quadro di comando del gruppo, mod. Socomec Diris A40 con classe di precisione 0,5; in entrambe le centrali, le misure sono state eseguite in una sezione a valle dei morsetti del generatore, che si presentavano già piombati dall'UTF.

Dal supervisore sono state acquisite un certo numero di letture dei parametri di interesse e si è proceduto al calcolo del rendimento di turbina con le seguenti modalità:

- calcolo del salto energetico netto della turbina  $E = (p_1 - p_2)/\rho + (v_1^2 - v_2^2)/2 + (z_1 - z_2)*g$ , dove le sezioni di misura 1 e 2 sono quelle strumentate a monte ed a valle della girante (UNI 10242 prospetto III n. 19); in Allegato I sono riportate le grandezze caratteristiche delle sezioni di misura;
- controllo dello scostamento delle condizioni di prova da quelle di riferimento (UNI 10242 punto 3.2.2); si è assunto che la velocità di rotazione reale  $n$  coincida con quella prevista  $n_{sp}$ ;
- calcolo della potenza idraulica disponibile  $P_h = E*(\rho_1*Q)$  (UNI 10242 prospetto III n. 25);
- determinazione del rendimento di generatore mediante interpolazione;
- determinazione del rendimento di turbina  $\eta_t = P / (P_h * \eta_{gen})$ ;
- applicazione dei coefficienti di peso per la determinazione del rendimento medio ponderale;
- confronto del rendimento medio ponderale ottenuto con quello previsto a specifica, pari al 90,0%.

Per quanto riguarda la determinazione del rendimento del generatore, per entrambe le macchine installate nelle due centrali si dispone di due punti certi, verificati al collaudo in fabbrica, uno al 50% del carico ed uno al 100% del carico.

Dal momento che questi due punti non consentono di estrapolare valori di rendimento al di sotto del 50%, si è provveduto a stimare il rendimento del generatore reale mediante interpolazione quadratica con inserimento di un terzo punto, al 25% del carico, assunto pari a quello previsto in progetto.

Nel seguito si descrivono in dettaglio le prove effettuate e gli esiti riscontrati.

## 2 CENTRALE DI SIMBIRIZZI

Le prove presso la centrale di Simbirizzi hanno avuto inizio il giorno 05 Giugno, dalle ore 9:00 e si sono concluse alle ore 16.00.

### 2.1 VERIFICA DEI TEMPI DI MANOVRA DEGLI ORGANI

I tempi di manovra rilevati a gruppo fermo sono stati i seguenti:

Organo	Apertura [s]	Chiusura [s]
Valvola di macchina	52	52
Distributore	42	22
Scarico sincrono	28	110 (*)

(\*) chiusura in due fasi (80 sec + 30 sec, intervallati da uno stop di circa 45 sec)

## 2.2 STACCHI DI CARICO

Premesso che tali prove sono già state eseguite in altre occasioni, sempre con esito positivo, tale prova è stata ripetuta anche in questa occasione, con una portata in transito pari a circa 1,87 m<sup>3</sup>/s circa.

Si allega il grafico delle grandezze registrate (fig. III-4), dalle quali si rileva che:

- la sovrappressione è stata contenuta, risolvendosi in una serie di fluttuazioni intorno al valore di 7,7 bar (valore max 8,15 bar) a partire da un valore iniziale pari a 6,65 bar; la pressione alla fine del transitorio si è stabilizzata intorno ai 7,2 bar;
- la sovravelocità del gruppo è stata limitata (150% della velocità nominale).

## 2.3 VERIFICA DELLE SOVRAPRESSIONI

Per limitare le sovrappressioni lungo le condotte adduttrici l'impresa ha provveduto a:

- ridurre il tempo di chiusura del distributore in modo da compensare la sovrappressione indotta dalla manovra di chiusura con la depressione che si verifica all'apertura della valvola di by-pass;
- installare un pressostato differenziale a monte della turbina per poter:
  - interrompere temporaneamente la manovra di chiusura della valvola di by-pass al raggiungimento della soglia massima di pressione impostata (pari a 10,5 bar);
  - riprendere la manovra di chiusura solo allorquando la pressione sia ridiscesa al di sotto del valore del differenziale di pressione impostato (pari a 3 bar circa);
- differire i tempi di riavvio delle due centrali per evitare la sovrapposizione degli effetti.

Si allega il grafico di fig. III-5 da cui si può rilevare:

- il valore massimo della pressione raggiunto durante la chiusura del by-pass, pari a 10,50 bar, corrispondente al settaggio della soglia massima del pressostato differenziale; la manovra si è interrotta dopo circa 78 sec dal comando iniziale;
- la discesa della pressione dovuta alla temporanea interruzione della manovra; tale fase dura circa 46 sec;
- il valore della pressione corrispondente al ripristino del comando di chiusura del by-pass, pari a 7,15 bar, corrispondente al settaggio del differenziale del pressostato (3 bar circa);
- il valore finale alla completa chiusura del by-pass, pari a 8,85 bar; la chiusura si è completata circa 31 sec dopo il ripristino del comando.

## 2.4 DETERMINAZIONE DEL RENDIMENTO DI TURBINA

Ai fini della determinazione del rendimento di turbina, è necessario effettuare la valutazione del rendimento del generatore, realizzata a partire dai valori di corrente misurati rapportati al valore di targa, pari a 164 A; in base alla percentuale di carico così calcolata, l'interpolazione fornisce il valore del rendimento. In Allegato II è riportata la funzione interpolante utilizzata.

Si riportano di seguito le quantità previste a Capitolato (pedice sp):

$Q_{sp}$ m <sup>3</sup> /s	$H_{sp}$ m	$P_{h\ sp}$ kW	$E_{sp}$ kJ/kg	$P_{sp}$ kW	$\eta_{t\ sp}$ %	pesi -	$\eta_{t\ sp\ pond}$ %
1.0	77.66	761.071	761.071	613.4	86.82	0.28	24.31
1.2	75.29	885.414	737.845	753.6	90.59	0.37	33.52
1.4	72.48	994.429	710.307	864.9	91.91	0.35	32.17

I risultati a cui si perviene sono i seguenti (in Allegato III, sono riportati tutti i valori misurati e calcolati):

Q	H	P <sub>h</sub>	E	P	η <sub>t</sub>	pesi	η <sub>t</sub> pond
m <sup>3</sup> /s	m	kW	kJ/kg	kW	%	-	%
1.030	75.05	757.64	735.47	644.91	90.87	0.28	25.44
1.223	73.35	878.92	718.83	757.80	90.59	0.37	33.52
1.457	71.90	1027.08	704.64	924.96	93.15	0.35	32.60

Il rendimento medio ponderale ottenuto è perciò  $25,44+33,52+32,60 = 91,56\%$ , superiore al 90,0% richiesto.

Dato il soddisfacimento delle richieste, non risulta necessario tenere in conto anche le perdite tra i morsetti del generatore ed il punto di misura dell'energia.

D'altronde, come si dirà più in dettaglio per quanto riguarda la centrale di S. Lorenzo, dubbi possono essere sollevati circa l'attendibilità della misura della pressione a valle della girante, che durante le prove è sempre oscillata tra 0.13 e 0.15 bar, anche a macchina ferma.

Ora, risulta che il trasduttore a valle della girante sia installato ad una quota superiore a quella del pelo libero nella vasca di restituzione, onde la sua misura dovrebbe essere stata 0 a macchina ferma; dal momento che a macchina in moto a valle della girante si ha una depressione, la misura rilevata non ha senso. Tuttavia, anche considerando a valle della girante una pressione pari a -0,1 bar, come quella che si rileva a S. Lorenzo (vedi oltre), si otterrebbe un rendimento medio ponderato pari all'88,75% che, tenuto conto della tolleranza ammessa pari all'1,5%, risulterebbe ancora superiore al 90,0% richiesto (90,25%).

Per quanto riguarda la verifica del trasduttore a monte della girante, è stata confrontata la lettura ricavata a macchina ferma con la lettura del trasduttore posto sul by-pass di turbina, ricavando una differenza di quota pari a 60 cm circa, confermata da una verifica sul posto.

### 3 CENTRALE DI SAN LORENZO

Le prove presso la centrale di San Lorenzo hanno avuto inizio il giorno 05 Giugno, dalle ore 17:00 e si sono interrotte alle ore 19:00 per riprendere il giorno successivo, 06 Giugno, dalle ore 08:00 e concludersi alle ore 19:00 circa.

#### 3.1 VERIFICA DEI TEMPI DI MANOVRA DEGLI ORGANI

I tempi di manovra rilevati a gruppo fermo sono stati i seguenti:

Organo	Apertura [s]	Chiusura [s]
Valvola di macchina	25	45
Distributore	74	40
Scarico sincrono	30	120 (*)

(\*) chiusura non completa

#### 3.2 VERIFICA DELLE SOVRAPRESSIONI

Analogamente a quanto fatto presso la centrale di Simbirizzi, per limitare le sovrappressioni lungo le condotte adduttrici, l'impresa ha provveduto a:

- ridurre il tempo di chiusura del distributore in modo da compensare la sovrappressione indotta dalla manovra di chiusura con la depressione che si verifica all'apertura della valvola di by-pass;
- installare un pressostato differenziale a monte della turbina per poter:
  - interrompere temporaneamente la manovra di chiusura della valvola di by-pass al raggiungimento della soglia massima di pressione impostata (pari a 15,0 bar, valore non raggiunto a causa delle perdite dalla valvola di cui si dirà più avanti);
  - riprendere la manovra di chiusura solo allorché la pressione sia ridiscesa al di sotto del valore del differenziale di pressione impostato (pari a 3 bar circa);
- differire i tempi di riavvio delle due centrali per evitare la sovrapposizione degli effetti.

A causa della non completa chiusura della valvola di by-pass di centrale, la pressione risultante a fine della manovra di chiusura della stessa è stata contenuta intorno ai 14 bar (fig. III-8); va detto che il pressostato differenziale era stato impostato a circa 15 bar, perciò non è intervenuto a bloccare la manovra.

### 3.3 DETERMINAZIONE DEL RENDIMENTO DI TURBINA

Durante l'effettuazione delle prove, si sono riscontrati differenti valori del carico idraulico per i vari strumenti installati.

A gruppo fermo, alle 9:21:30 sono state effettuate le seguenti letture:

- manometro installato a valle dell'idrovalvola in asse alla tubazione: ~ 11.8 bar;
- manometro installato in sommità alla chiocciola: ~ 11.8 bar;
- trasduttore di pressione installato sulla chiocciola: 11.2 bar;
- trasduttore di pressione installato sul by-pass della valvola di macchina: 11.4 bar.

Dopo un esame delle diverse possibilità, si è provveduto a controllare la lettura del trasduttore di pressione da utilizzare ai fini del calcolo del rendimento scambiando la posizione reciproca dei trasduttori installati su spirale e sul by-pass (a monte della spirale); inoltre, alla stessa quota della presa di pressione del trasduttore sul by-pass è stato installato un nuovo manometro fornito in giornata da ENAS, onde escludere possibili difetti dei manometri già installati; si è perciò provveduto a:

- separare la macchina dalla vasca di restituzione (fonte di disturbi della lettura);
- pressurizzare tutta la macchina fino alla valvola a farfalla sullo scarico;

Il risultato è che:

- la lettura del trasduttore utilizzato per la determinazione del rendimento, installato ora sul by-pass della valvola di macchina, ha fornito una lettura congruente con quella rilevata su manometro (11.60 bar, ore 17:40:00);
- la lettura del trasduttore normalmente installato sul by-pass della valvola di macchina, ora installato sulla cassa spirale 75 cm più in basso, ha fornito valori non corretti (11.80 bar contro un valore atteso pari a  $11.60 + 0.75m = 11.68$  bar alle ore 17:40:00)

Ciò ha consentito di affermare che la lettura del trasduttore utilizzato per la determinazione del rendimento è corretta; si è perciò provveduto a ridisporre tale trasduttore sulla presa di pressione della cassa spirale a monte della girante.

Anche per quanto riguarda il trasduttore a valle della girante sono sorti dubbi circa l'attendibilità delle misure; si è perciò provveduto, con la collaborazione del personale ENAS presente, ad installare al posto del trasduttore una "canna piezometrica" realizzata con tubo trasparente reperito in loco; a macchina ferma, il pelo libero dell'acqua nel piezometro si è portato ad  $1,91 \div 1,93$  m circa sul punto di installazione del trasduttore, valore congruente con quanto rilevato la sera precedente (quando è stato rilevato dal personale ENAS, a macchina ferma e by-pass di centrale in funzione, la

quota del pelo libero all'interno della camicia di protezione del galleggiante nella vasca di restituzione rispetto all'asse della valvola sullo scarico, che è risultata pari a 2,58 m; a tale valore va sottratta la differenza di quota tra l'asse della valvola e l'asse della girante, pari a circa 27 cm, e la differenza tra quest'ultima quota e quella del punto di installazione del trasduttore a valle della girante, pari a 37,6 cm, per un valore di battente sulla presa di pressione pari complessivamente a  $2,58 - 0,27 - 0,376 = 1,934$  m), ma sensibilmente diverso dalla lettura del trasduttore, che segnava  $0,26 \div 0,27$  bar (cioè  $2,55 \div 2,65$  m).

A macchina in funzione, la lettura del trasduttore rimaneva sempre ferma a  $0,26 \div 0,27$  bar, mentre si è potuto appurare che nel tubo piezometrico installato il pelo libero è dapprima calato fino a 0 m ed infine è risultato in depressione (aspirazione di aria dall'estremità libera del tubo, ore 18:45 circa, portata in transito 700 l/s circa).

Un'ulteriore problematica ha riguardato la tenuta della valvola di by-pass di centrale, che si è constatato non garantire una perfetta tenuta (allo stato non si sa se per difetto di guarnizione della lente o di corsa del servomotore che potrebbe causare il mancato accostamento della lente alla sede). A differenza dell'impianto di Simbirizzi, ove il misuratore di portata è stato installato sul ramo di turbina, a valle della biforcazione centrale-by-pass, nell'impianto di S. Lorenzo il misuratore è stato installato a monte di detta biforcazione, con l'ovvio risultato che una portata di fuga dal by-pass risulterebbe in un minore rendimento dell'impianto. E' stata effettuata una prima valutazione di tale portata fermando la turbina e chiudendo la valvola di by-pass di centrale per qualche minuto; in questa condizione, la lettura del misuratore è stata pari a 12 l/s (ore 16:08 circa). E' peraltro da segnalare che tale lettura potrebbe non essere del tutto corretta, dal momento che è oltre i limiti di precisione del misuratore (anche considerando uno 0.5% del FS, impostato a 2000 l/s, la precisione sarebbe di 10 l/s). Da una prima valutazione, risulta che il valore di portata misurato non elaborata dalla turbina ha un'influenza significativa, risultando in un incremento del rendimento pari al 1,31% nelle condizioni di riferimento verificate.

Con ogni probabilità, il rendimento misurato durante le prove prodromiche effettuate nel mese di Aprile è stato inficiato dalle problematiche qui menzionate.

Per tenere conto degli effetti derivati dalla portata di fuga dal by-pass e dalla misura della pressione a valle della girante, in data 13/06/08 è stata condotta un'ulteriore indagine circa questi due fattori. Si è perciò provveduto ad installare a valle della girante un manometro con campo scala  $-1 \div 6$  bar, rilavando un valore di pressione pari a 0 bar (foto III-1); tenendo tuttavia in considerazione che il manometro stesso, a pressione ambiente, rilevava una lettura di circa 0,1 bar (foto III-2), si può concludere che la lettura corretta sia pari a -0,1 bar circa.

Per quanto riguarda la portata di fuga dal by-pass, si è provveduto ad installare, nella stessa posizione del misuratore già installato, un altro misuratore di portata ad ultrasuoni Flexim mod. Fluxus ADM 6725, con precisione  $\pm 0.5\%$  della lettura e range di lettura minima compreso tra 0 e 59 l/s (per condotte DN 500); dopo aver fermato la turbina e chiuso la valvola di by-pass, si è acquisita una lettura minima pari a 33,4 l/s (foto III-3), valore che è andato via via crescendo fino a circa 60 l/s. Si assumerà come riferimento per la portata di fuga un valore pari a circa 30 l/s.

Tenuto conto di queste correzioni, si può procedere alla determinazione del rendimento di turbina.

Si riportano di seguito le quantità previste a Capitolato (pedice sp):

Qsp	Hsp	Ph sp	Esp	Psp	$\eta_{t\ sp}$	pesi	$\eta_{t\ sp\ pond}$
m <sup>3</sup> /s	m	kW	kJ/kg	kW	%	-	%
0.72	119.69	844.55	1172.98	719.16	88.91	0.23	20.45
0.84	116.83	961.76	1144.95	834.43	90.32	0.77	69.55



Si riportano i risultati ottenuti tenuto conto delle correzioni di cui sopra ( $p_2 = -0,1$  bar; portata di fuga non elaborata dalla turbina pari a 30 l/s - in Allegato III sono riportati tutti i valori misurati e calcolati):

Q	H	$P_h$	E	P	$\eta_l$	pesi	$\eta_{l \text{ pond}}$
$m^3/s$	m	kW	kJ/kg	kW	%	-	%
0.611	119.82	760.45	1174.21	611.04	85.38	0.23	19.64
0.804	116.15	915.54	1138.26	785.57	90.26	0.77	69.50

Il rendimento medio ponderale ottenuto è perciò  $19,64 + 69,50 = 89,14\%$ , valore che, tenuto conto delle incertezze di misura quantificabili in 1,5%, risulta superiore al 90,0% richiesto (90,64%).

A ulteriore riprova, si è ripetuto il calcolo (tenendo sempre conto delle correzioni di cui sopra) utilizzando alcuni dati rilevati a spot, e precisamente:

- il giorno 13/06/08 alle ore 7:58 circa per il punto a  $0,72 m^3/s$ ; si ottiene un rendimento medio ponderato di turbina pari a 19,88%, superiore al 19,64% ottenuto con i dati rilevati il giorno 06 giugno;
- il giorno 16/06/08 alle ore 14:39 circa per il punto a  $0,84 m^3/s$ ; si ottiene un rendimento medio ponderato di turbina pari a 69,69%, superiore al 69,50% ottenuto con i dati rilevati il giorno 06 giugno.

In conclusione, nonostante le incertezze relative alla misura della portata di fuga, il rendimento di turbina è comunque superiore a quanto richiesto dal Capitolato.

#### 4 NOTE

Il 6 giugno alle 11:10 circa (gli orologi delle due centrali non sono sincronizzati) sono andate in blocco le due centrali per l'intervento delle protezioni SVF5740.

La frequenza ha raggiunto il valore di 49,66Hz (registrato dalla protezione SVF5740) a fronte di una taratura di intervento per minima frequenza impostato come segue:

- valore minimo pari a 49,7 Hz ( $0,994 \cdot 50$  Hz);
- tempo di intervento: 100 msec (2 periodi).

Secondo ENEL Distribuzione, interrogata telefonicamente dall'ing. Pusceddu sul fatto, il valore del tempo di intervento non è stato correttamente regolato (troppo breve); verificato il regolamento di esercizio, si è riscontrata la prescrizione relativa al tempo di intervento pari a 0 msec. Secondo l'impresa, il valore di taratura impostato pari a 100 msec è il minimo valore tecnico impostabile per la protezione e corrisponderebbe perciò ai 0 msec richiesti da ENEL; viceversa, sempre secondo l'impresa, la richiesta di un tempo di campionamento pari a 140 msec presente nel regolamento di esercizio sarebbe automaticamente soddisfatta dalla protezione (parametro non impostabile da parte dell'utente).

Si ritiene indispensabile verificare con ENEL la possibilità di modificare la taratura delle protezioni per evitare ripetuti arresti delle centrali.

In seguito al blocco per minima frequenza, la centrale di Simbirizzi non è ripartita in automatico a causa del fatto che la misura del livello all'interno della vasca, alimentata dal by-pass di centrale, è risultata superiore alla soglia superiore di esercizio impostata. E' stato adottato un provvedimento correttivo, legando il consenso al riavvio del gruppo non più al set-point superiore di esercizio della vasca ma alla soglia di massimo livello vasca, consentendo così al gruppo di poter riavviarsi in qualsiasi condizione di livello della vasca (entro i valori limiti massimo e minimo).

La centrale di San Lorenzo è stata subito riavviata da operatore, già presente sul posto, ma verosimilmente sarebbe ripartita in automatico, in quanto il livello all'interno della vasca alimentata dal by-pass di centrale si era stabilizzato all'interno dei set-points preimpostati.

Nel corso delle prove della centrale di S. Lorenzo, si sono verificati alcuni distacchi dalla rete per minima portata. Questa condizione si può verificare durante il transitorio di chiusura del by-pass di centrale, quando la portata deve essere deviata nella ramo di turbina; il distributore di turbina risulta peraltro ancora parzialmente aperto, perché il livello della vasca era fino a poco prima alimentato quasi esclusivamente dal ramo di by-pass. Si viene a creare perciò un transitorio in cui la portata deviata dal ramo di by-pass a quello di turbina subisce una prima riduzione per poi tornare ad aumentare quando il distributore di turbina reagisce alla diminuzione del livello nella vasca di restituzione provocato dalla temporanea riduzione di portata. E' possibile che tale riduzione di portata raggiunga il valore minimo impostato dal regolatore, attualmente pari a 500 l/s; qualora tale soglia inferiore venga superata, si attiva un temporizzatore che alla fine del conteggio lancia l'allarme; il temporizzatore era stato precedentemente settato a 20 sec, ma in seguito al verificarsi di tali eventi il valore è stato portato a 60 sec.

Nell'impianto di S. Lorenzo, si sono riscontrate anomale perdite d'olio dal cuscinetto anteriore del generatore.

Cagliari, 13 Giugno 2008

Il Direttore dei Lavori  
Dott. Ing. Marco Braghini

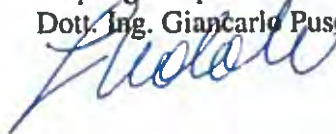


Il Direttore operativo  
per le installazioni elettromeccaniche

Dott. Ing. Stefano Calvo



Il Direttore operativo  
per gli impianti elettrici  
Dott. Ing. Giancarlo Pusceddu



**Allegati:**

- All. I      Punti strumentati delle turbine
- All. II     Rendimenti dei generatori
- All. III    Misure e calcoli per la determinazione dei rendimenti di turbina

GT

ACI

## **ALLEGATO I**

### **PUNTI STRUMENTATI DELLE TURBINE**



**NOTE**

Nelle tabelle sotto riportate, sono indicati i valori delle grandezze caratteristiche delle sezioni strumentate delle turbine.

I simboli hanno il seguente significato:

A      sezione di riferimento  
z      quota relativa di installazione

	sez. 1	sez. 2	
A	0.25271	0.17796	m <sup>2</sup>
z	0.81117	1.93867	m

**Tab. I-1: Grandezze caratteristiche delle sezioni strumentate della turbina di S. Lorenzo**

	sez. 1	sez. 2	
A	0.35824	0.29568	m <sup>2</sup>
z	0.9405	2.129	m

**Tab. I-2: Grandezze caratteristiche delle sezioni strumentate della turbina di Simbirizzi**



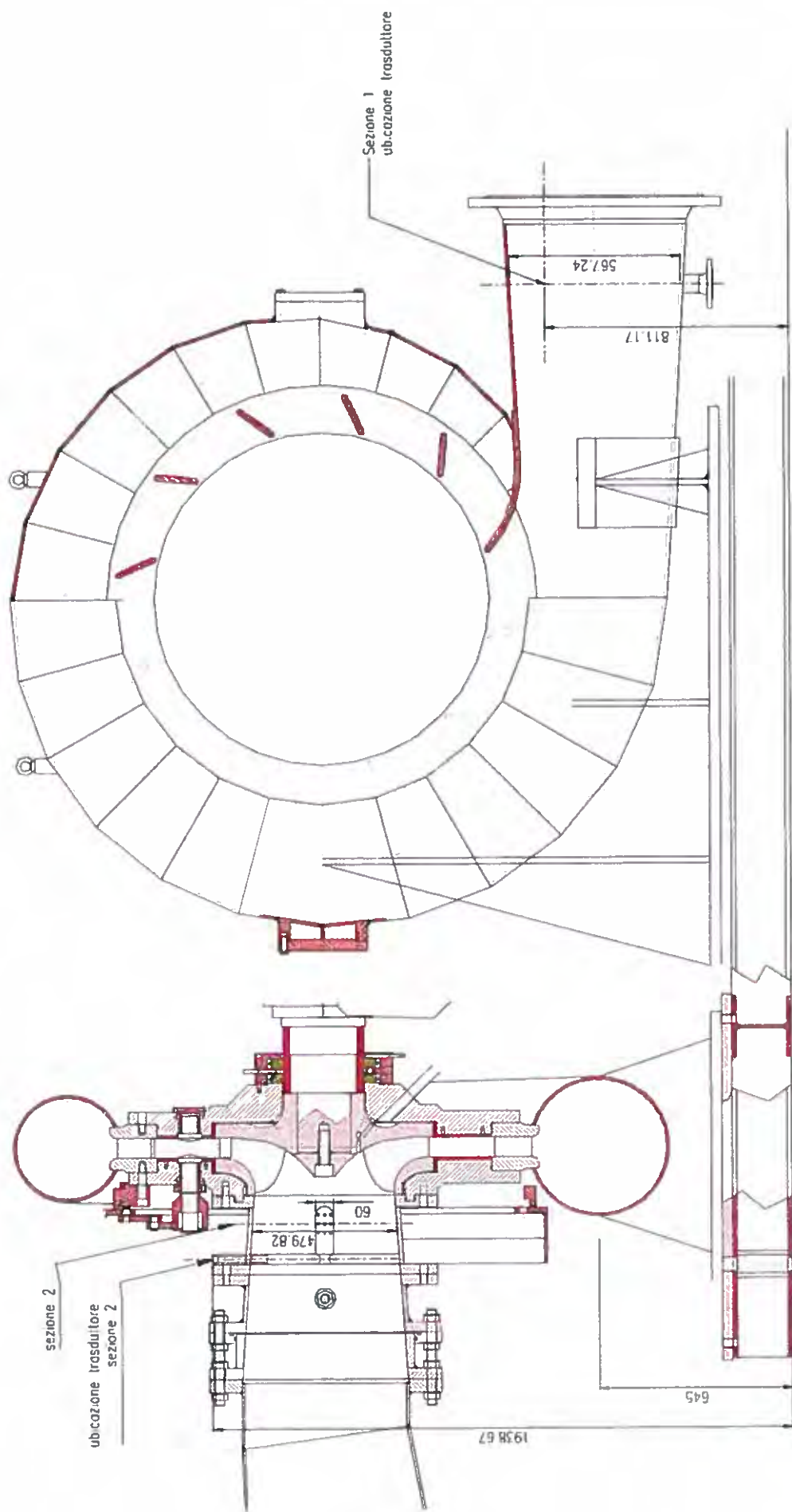


Fig. I-1 - Turbina di S. Lorenzo - Ubicazione dei punti di misura e quote caratteristiche

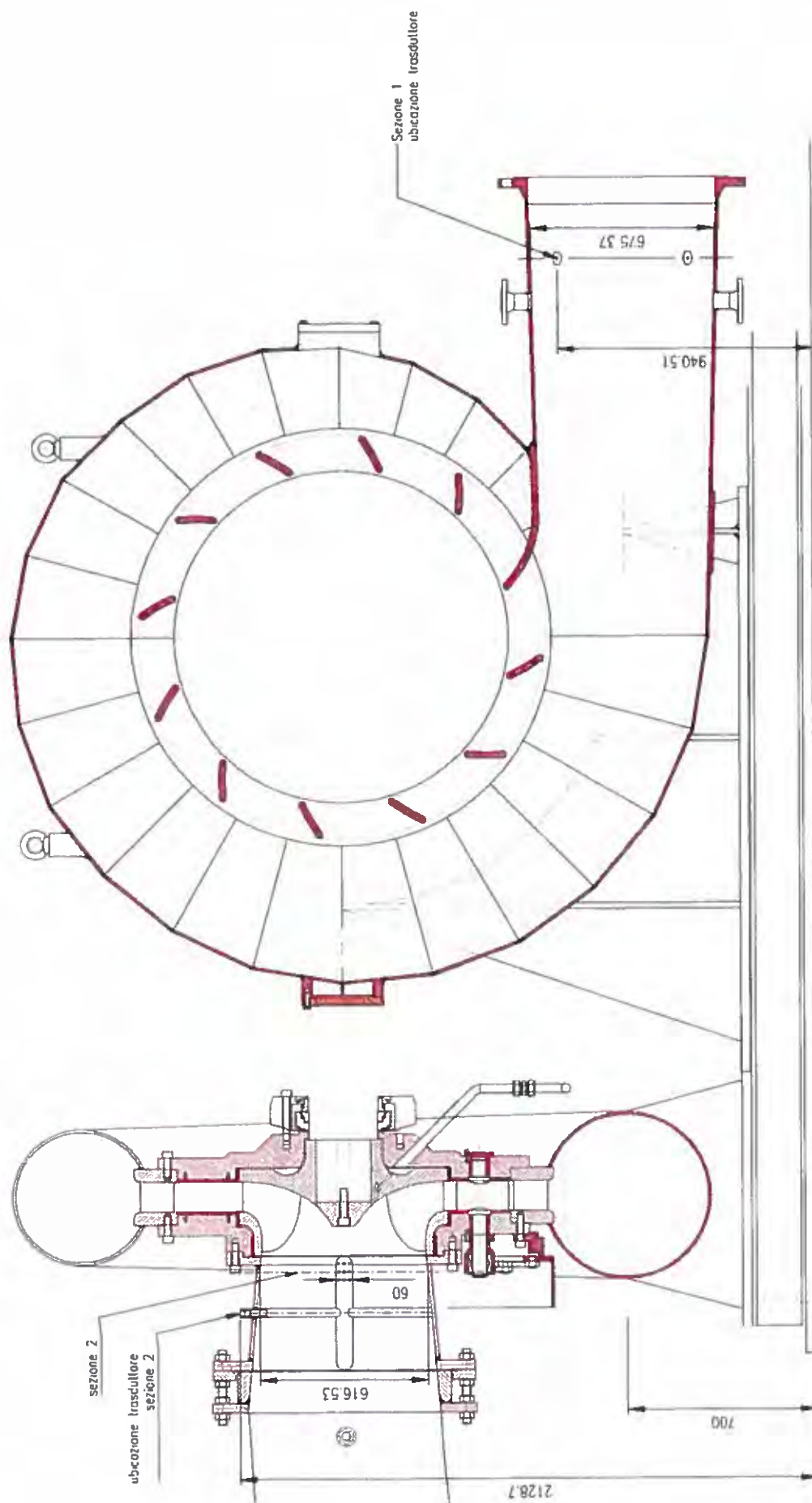


Fig. I-2 - Turbina di Simbirz - Ubicazione dei punti di misura e quote caratteristiche

## **ALLEGATO II**

### **RENDIMENTI DEI GENERATORI**

GW

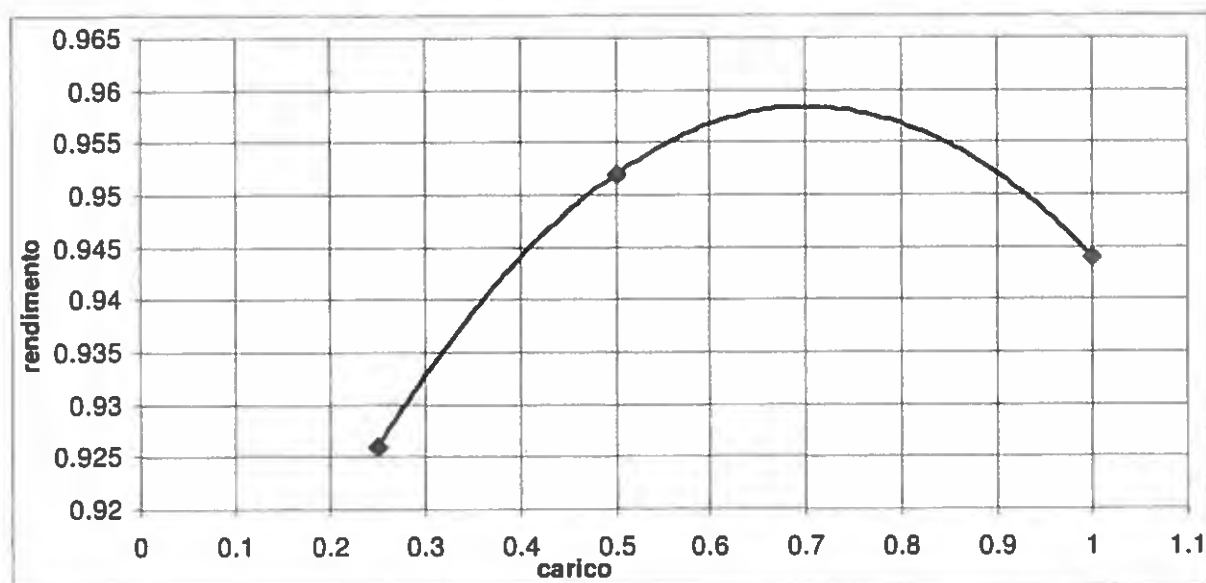
in ACI

Sono di seguito riportate le stime dei rendimenti dei generatori installati nelle due centrali con le relative equazioni interpolanti.

Il punto al 25% di carico è stato assunto, arbitrariamente, pari a quello previsto a progetto.

carico	I [A]	eta [-]	grado	coeff
1	154	0.944	2	-6.7465E-06
0.5	77	0.952	1	0.001454545
0.25	38.5	0.926	0	0.88

**Tab. II-1 - Rendimento del generatore di S. Lorenzo e parametri dell'interpolante**

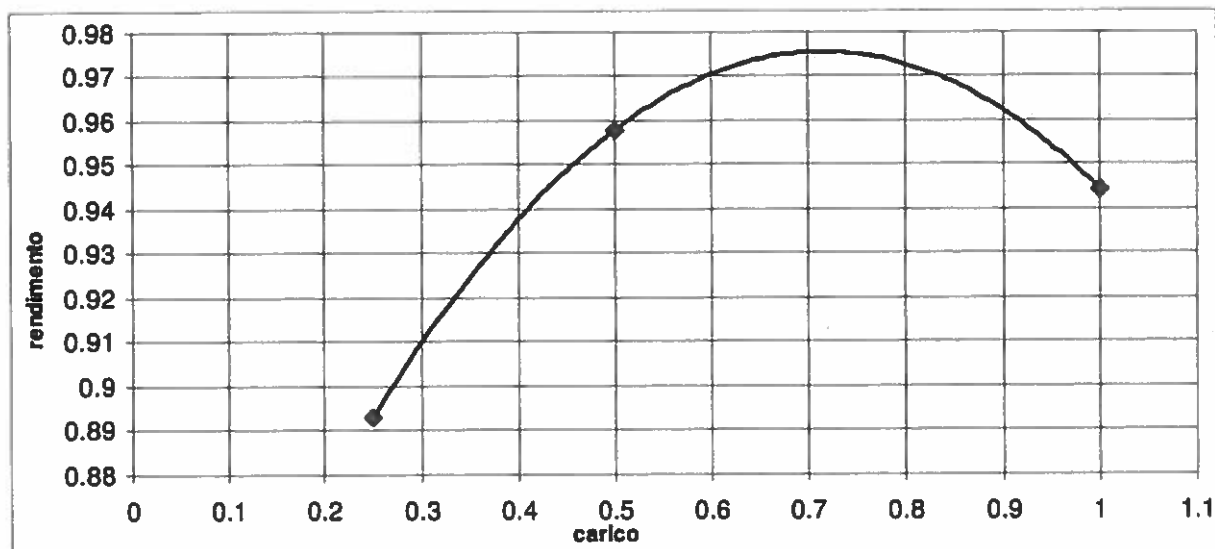


**Fig. II-1 - Stima del rendimento del generatore di S. Lorenzo**

I punti rossi al 50% ed al 100% del carico indicano i valori misurati in officina; il punto rosso al 25% del carico è assunto pari a quello ipotizzato in progetto

carico	I [A]	eta [-]	grado	coeff
1	164	0.9443	2	-1.4247E-05
0.5	82	0.958	1	0.0033378
0.25	41	0.893	0	0.7801

**Tab. II-2 - Rendimento del generatore di Simbirizzi e parametri dell'interpolante**



**Fig. II-2 - Stima del rendimento del generatore di Simbirizzi**

I punti rossi al 50% ed al 100% del carico indicano i valori misurati in officina; il punto rosso al 25% del carico è assunto pari a quello ipotizzato in progetto



## **ALLEGATO III**

### **MISURE E CALCOLI PER LA DETERMINAZIONE DEI RENDIMENTI DI TURBINA**



## NOTE

Nelle tabelle seguenti, i simboli hanno il seguente significato:

Q	portata misurata
P	potenza resa rilevata alla sezione di misura
I	intensità di corrente rilevata alla sezione di misura
$P_1, P_2$	pressioni rilevate nelle sezioni strumentate della turbina
$V_1, V_2$	velocità acqua nelle sezioni strumentate della turbina $V = Q / A$
E	salto energetico netto della turbina $E = (p_1 - p_2) / \rho + (v_1^2 - v_2^2) / 2 + (z_1 - z_2) * g$
$E_{sp}$	salto energetico netto della turbina alla condizione di riferimento
accettab	accettabilità della misura ai fini del calcolo del rendimento, determinata dal soddisfacimento della relazione $0.98 \leq (E_{sp}/E)^{1/2} \leq 1.02$
H	salto netto agente sulla turbina $H = E/g$
$P_h$	potenza idraulica disponibile $P_h = E * (\rho_1 * Q)$
eta gen	rendimento generatore
eta turb	rendimento complessivo di turbina (idraulico+volumetrico+meccanico)
eta pond	rendimento complessivo di turbina ponderato per i coefficienti di peso

L'accelerazione di gravità alla latitudine di Cagliari (39,2°) è pari a 9,800036 m/s<sup>2</sup> per Simbirizzi (quota di riferimento 108,0 m slm) e a 9,800177 per S. Lorenzo (quota di riferimento 61,0 m slm) - UNI 10242, prospetto IV.

Lettura	Calcoli															
P	I	Q	p1	p2	V1	V2	E	(Esp/E)^1/4	E	H	Ph	eta gen	eta turb	eta pond	P	Q
kW	A	m³/s	bar	bar	m/s	m/s	kJ/kg	-	kJ/kg	m	kW	%	%	%	kW	m³/s
645.800	65.10	1.032	7.64	0.13	2.881	3.490	737.41	1.016	VERO	75.25	761.01	93.70%	90.57%	25.36%	645.80	1.0320
648.900	65.30	1.032	7.65	0.14	2.881	3.490	737.41	1.016	VERO	75.25	761.01	93.73%	90.97%	25.47%	648.90	1.0320
648.900	65.30	1.034	7.66	0.14	2.886	3.497	738.40	1.015	VERO	75.35	763.51	93.73%	90.67%	25.39%	648.90	1.0340
648.900	65.30	1.035	7.64	0.14	2.889	3.500	736.40	1.017	VERO	75.14	762.17	93.73%	90.83%	25.43%	648.90	1.0350
648.900	65.30	1.034	7.63	0.15	2.886	3.497	734.40	1.018	VERO	74.94	759.37	93.73%	91.17%	25.53%	648.90	1.0340
648.900	65.30	1.035	7.64	0.15	2.889	3.500	735.40	1.017	VERO	75.04	761.14	93.73%	90.96%	25.47%	648.90	1.0350
648.900	65.30	1.034	7.64	0.15	2.886	3.497	735.40	1.017	VERO	75.04	760.41	93.73%	91.04%	25.49%	648.90	1.0340
648.900	65.15	1.033	7.65	0.15	2.884	3.494	736.41	1.017	VERO	75.14	760.71	93.71%	91.03%	25.49%	648.90	1.0330
648.300	65.15	1.034	7.64	0.15	2.886	3.497	735.40	1.017	VERO	75.04	760.41	93.71%	90.98%	25.47%	648.30	1.0340
645.200	65.15	1.033	7.63	0.14	2.884	3.494	735.40	1.017	VERO	75.04	759.68	93.71%	90.63%	25.38%	645.20	1.0330
641.600	64.60	1.025	7.61	0.15	2.861	3.467	732.44	1.019	VERO	74.74	750.75	93.63%	91.28%	25.56%	641.60	1.0250
641.600	64.53	1.023	7.61	0.12	2.856	3.460	735.44	1.017	VERO	75.05	752.36	93.62%	91.09%	25.51%	641.60	1.0230
641.600	64.60	1.024	7.61	0.12	2.858	3.463	735.44	1.017	VERO	75.04	753.09	93.63%	91.00%	25.48%	641.60	1.0240
641.600	64.70	1.023	7.61	0.12	2.856	3.460	735.44	1.017	VERO	75.05	752.36	93.64%	91.07%	25.50%	641.60	1.0230
641.600	64.70	1.028	7.62	0.13	2.870	3.477	735.426	1.017	VERO	75.04	756.02	93.64%	90.63%	25.38%	641.60	1.0280
641.600	64.60	1.028	7.61	0.13	2.870	3.477	734.426	1.018	VERO	74.94	754.99	93.63%	90.77%	25.41%	641.60	1.0280
641.600	64.60	1.031	7.61	0.13	2.878	3.487	734.415	1.018	VERO	74.94	757.18	93.63%	90.50%	25.34%	641.60	1.0310
641.600	64.60	1.030	7.62	0.13	2.875	3.483	735.419	1.017	VERO	75.04	757.48	93.63%	90.47%	25.33%	641.60	1.0300
641.600	64.70	1.030	7.62	0.14	2.875	3.483	734.419	1.018	VERO	74.94	756.45	93.64%	90.58%	25.36%	641.60	1.0300
642.200	64.70	1.025	7.62	0.14	2.861	3.467	734.437	1.018	VERO	74.94	752.80	93.64%	91.10%	25.51%	642.20	1.0250
medie										75.05	757.64	93.68%	90.87%	25.44%	644.91	1.030

Tab. III-1 - Centrale di Simbirizzi - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a Q=1.0 m³/s

Letture		Calcoli															
P	I	Q	p1	p2	V1	V2	E	(Esp/E) <sup>1/2</sup>	accettab	E	H	Ph	eta gen	eta turb	eta pond	P	Q
kW	A	m³/s	bar	bar	m/s	m/s	kJ/kg	-	-	kJ/kg	m	kW	%	%	%	kW	m³/s
755.200	76.10	1.219	7.42	0.13	3.403	4.123	714.644	1.016	VERO	714.64	72.92	871.15	95.16%	91.10%	33.71%	755.20	1.2190
755.200	76.00	1.218	7.42	0.13	3.400	4.119	714.648	1.016	VERO	714.65	72.92	870.44	95.15%	91.18%	33.74%	755.20	1.2180
755.200	76.00	1.220	7.43	0.13	3.406	4.126	715.639	1.015	VERO	715.64	73.02	873.08	95.15%	90.91%	33.64%	755.20	1.2200
755.200	76.10	1.220	7.45	0.12	3.406	4.126	718.639	1.013	VERO	718.64	73.33	876.74	95.16%	90.52%	33.49%	755.20	1.2200
756.000	76.20	1.218	7.44	0.12	3.400	4.119	717.648	1.014	VERO	717.65	73.23	874.10	95.17%	90.88%	33.62%	756.00	1.2180
758.900	76.40	1.218	7.43	0.12	3.400	4.119	716.648	1.015	VERO	716.65	73.13	872.88	95.19%	91.33%	33.79%	758.90	1.2180
758.900	76.40	1.219	7.44	0.12	3.403	4.123	717.644	1.014	VERO	717.64	73.23	874.81	95.19%	91.13%	33.72%	758.90	1.2190
758.900	76.50	1.219	7.44	0.13	3.403	4.123	716.644	1.015	VERO	716.64	73.13	873.59	95.21%	91.25%	33.76%	758.90	1.2190
758.900	76.60	1.215	7.45	0.13	3.392	4.109	717.662	1.014	VERO	717.66	73.23	871.96	95.22%	91.41%	33.82%	758.90	1.2150
758.900	76.60	1.216	7.45	0.13	3.394	4.113	717.657	1.014	VERO	717.66	73.23	872.67	95.22%	91.33%	33.79%	758.90	1.2160
758.900	76.40	1.229	7.47	0.12	3.431	4.157	720.599	1.012	VERO	720.60	73.53	885.62	95.19%	90.02%	33.31%	758.90	1.2290
758.900	76.40	1.230	7.54	0.12	3.433	4.160	727.595	1.007	VERO	727.59	74.24	894.94	95.19%	89.08%	32.96%	758.90	1.2300
758.900	76.40	1.228	7.47	0.12	3.428	4.153	720.604	1.012	VERO	720.60	73.53	884.90	95.19%	90.09%	33.33%	758.90	1.2280
758.900	76.40	1.229	7.47	0.12	3.431	4.157	720.599	1.012	VERO	720.60	73.53	885.62	95.19%	90.02%	33.31%	758.90	1.2290
758.900	76.30	1.227	7.47	0.15	3.425	4.150	717.608	1.014	VERO	717.61	73.23	880.51	95.18%	90.55%	33.50%	758.90	1.2270
758.900	76.20	1.227	7.46	0.15	3.425	4.150	716.608	1.015	VERO	716.61	73.12	879.28	95.17%	90.69%	33.55%	758.90	1.2270
758.900	76.20	1.226	7.46	0.15	3.422	4.146	716.613	1.015	VERO	716.61	73.12	878.57	95.17%	90.76%	33.58%	758.90	1.2260
758.900	76.30	1.226	7.48	0.15	3.422	4.146	718.613	1.013	VERO	718.61	73.33	881.02	95.18%	90.50%	33.48%	758.90	1.2260
758.300	76.20	1.224	7.51	0.12	3.417	4.140	724.621	1.009	VERO	724.62	73.94	886.94	95.17%	89.83%	33.24%	758.30	1.2240
755.200	76.10	1.228	7.52	0.12	3.422	4.146	725.613	1.008	VERO	725.61	74.04	889.60	95.16%	89.21%	33.01%	755.20	1.2260
medie											73.35	878.92	95.18%	90.59%	33.52%	757.80	1.223

Tab. III-2 - Centrale di Simbirizzi - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a  $Q=1.2 \text{ m}^3/\text{s}$

*[Handwritten signature]*

Letture		Calcoli													
P	I	Q	p1	p2	V1	V2	E	(Esp/E) <sup>1/2</sup>	E	Ph	eta gen	eta turb	eta pond	P	Q
kW	A	m³/s	bar	bar	m/s	m/s	kJ/kg	-	kJ/kg	kW	%	%	%	kW	m³/s
975.180	97.66	1.514	7.449	0.12	4.226	5.120	717.075	0.995	VERO	1085.57	97.02%	92.59%	32.41%	975.18	1.5139
975.180	97.66	1.512	7.463	0.13	4.219	5.112	717.487	0.995	VERO	1084.53	97.02%	92.68%	32.44%	975.18	1.5116
975.180	97.72	1.513	7.46	0.13	4.224	5.118	717.178	0.995	VERO	1085.31	97.02%	92.61%	32.41%	975.18	1.5133
971.510	97.30	1.517	7.469	0.13	4.236	5.132	718.055	0.995	VERO	1089.55	97.00%	91.93%	32.17%	971.51	1.5174
971.520	97.30	1.523	7.459	0.13	4.250	5.149	717.027	0.995	VERO	1091.72	97.00%	91.74%	32.11%	971.52	1.5226
967.850	97.30	1.515	7.44	0.13	4.230	5.125	715.166	0.997	VERO	1083.76	97.00%	92.07%	32.22%	967.85	1.5154
967.850	97.11	1.507	7.441	0.14	4.206	5.096	714.313	0.997	VERO	1076.36	96.99%	92.71%	32.45%	967.85	1.5069
967.850	97.11	1.503	7.426	0.14	4.196	5.084	712.833	0.998	VERO	1071.59	96.99%	93.12%	32.59%	967.85	1.5033
960.520	96.38	1.501	7.429	0.14	4.190	5.076	713.146	0.998	VERO	1070.40	96.95%	92.56%	32.40%	960.52	1.5010
960.520	96.38	1.494	7.36	0.15	4.171	5.054	705.282	1.004	VERO	1053.91	96.95%	94.01%	32.90%	960.52	1.4943
879.860	88.69	1.404	7.22	0.13	3.920	4.749	693.758	1.012	VERO	974.19	96.41%	93.68%	32.79%	879.86	1.4042
879.860	88.69	1.404	7.24	0.13	3.918	4.747	695.761	1.010	VERO	976.54	96.41%	93.46%	32.71%	879.86	1.4036
883.530	88.75	1.407	7.227	0.13	3.927	4.757	694.446	1.011	VERO	976.83	96.41%	93.82%	32.84%	883.53	1.4066
883.530	88.75	1.404	7.23	0.14	3.918	4.747	693.760	1.012	VERO	973.86	96.41%	94.10%	32.94%	883.53	1.4037
879.860	88.63	1.408	7.23	0.14	3.929	4.761	693.741	1.012	VERO	976.51	96.40%	93.47%	32.71%	879.86	1.4076
879.860	88.69	1.404	7.21	0.14	3.919	4.748	691.759	1.013	VERO	971.19	96.41%	93.97%	32.89%	879.86	1.4039
879.860	88.69	1.400	7.22	0.14	3.909	4.736	692.777	1.013	VERO	970.21	96.41%	94.07%	32.92%	879.86	1.4005
879.860	88.75	1.403	7.22	0.14	3.917	4.746	692.762	1.013	VERO	972.20	96.41%	93.87%	32.86%	879.86	1.4034
879.860	88.75	1.400	7.22	0.14	3.909	4.736	692.777	1.013	VERO	970.21	96.41%	94.06%	32.92%	879.86	1.4005
879.860	88.75	1.403	7.32	0.13	3.916	4.744	703.765	1.005	VERO	987.23	96.41%	92.44%	32.35%	879.86	1.4028
medie										1027.08	96.70%	93.15%	32.60%	924.96	1.457

Tab. III-3 - Centrale di Simbirizzi - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a  $Q=1.4 \text{ m}^3/\text{s}$



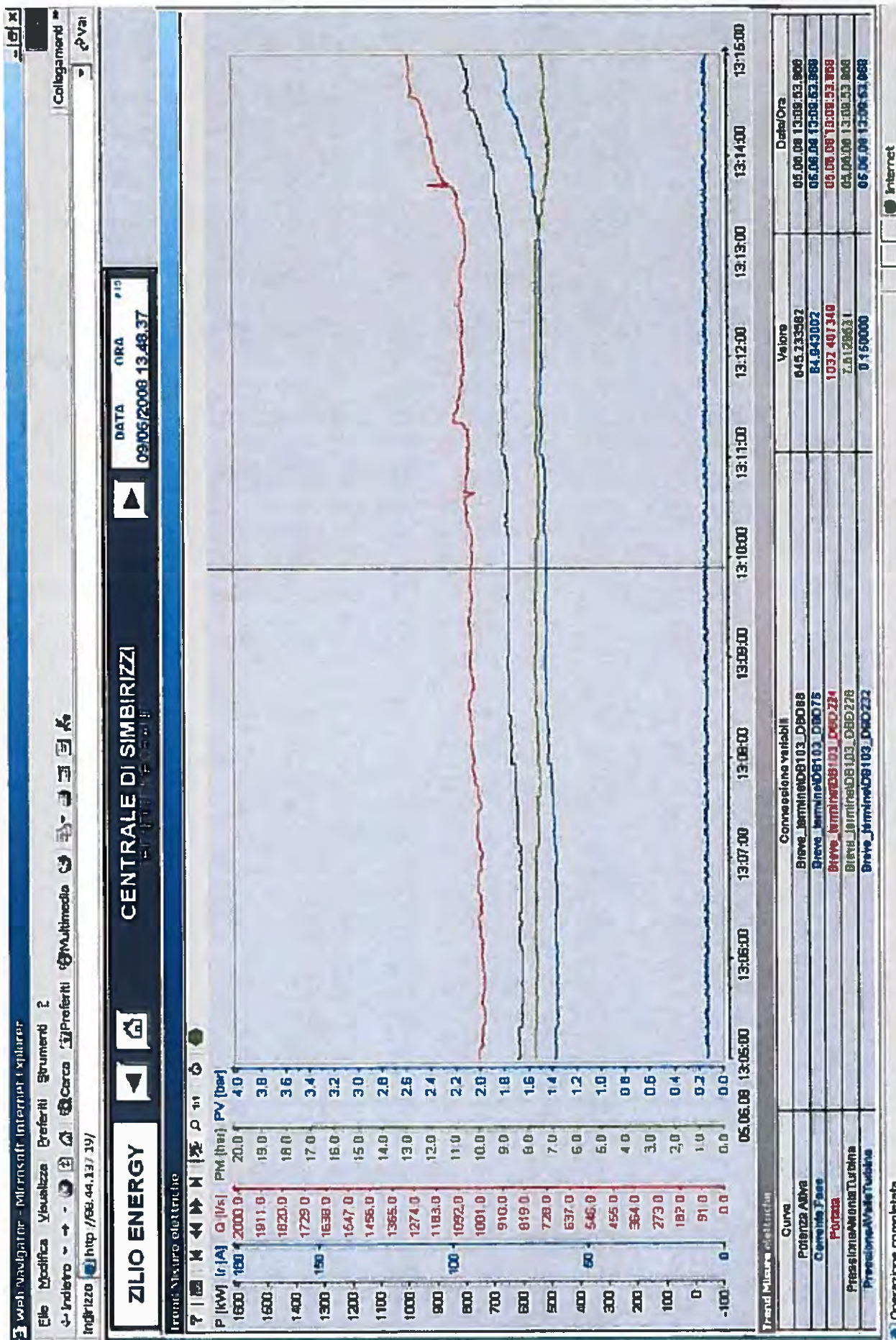


Fig. III-1 - Centrale di Simbirizzi - Misure rappresentative per il punto di prova a  $Q=1.0 \text{ m}^3/\text{s}$



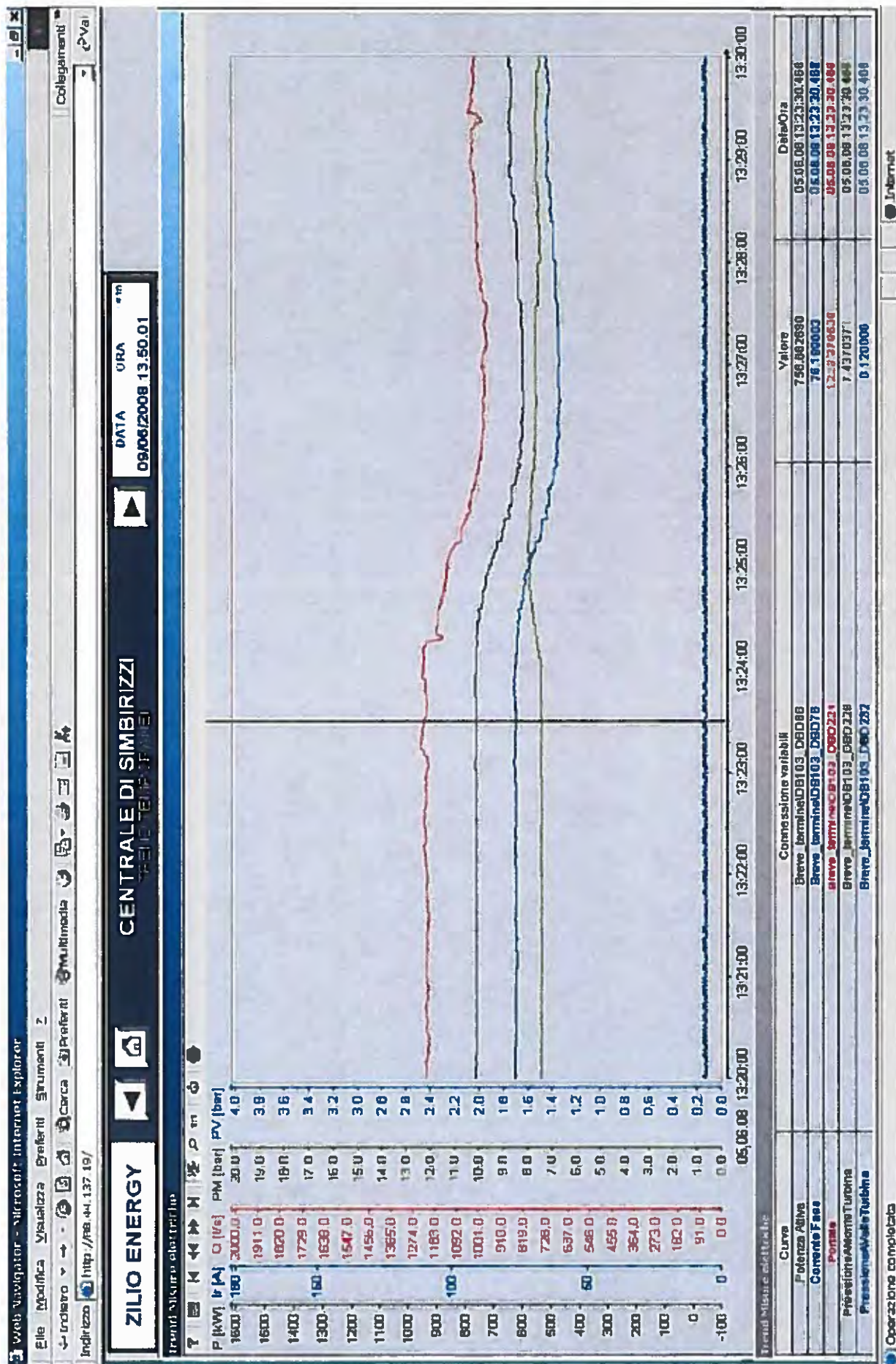


Fig. III-2 - Centrale di Simbirizzi - Misure rappresentative per il punto di prova a  $Q=1.2 \text{ m}^3/\text{s}$



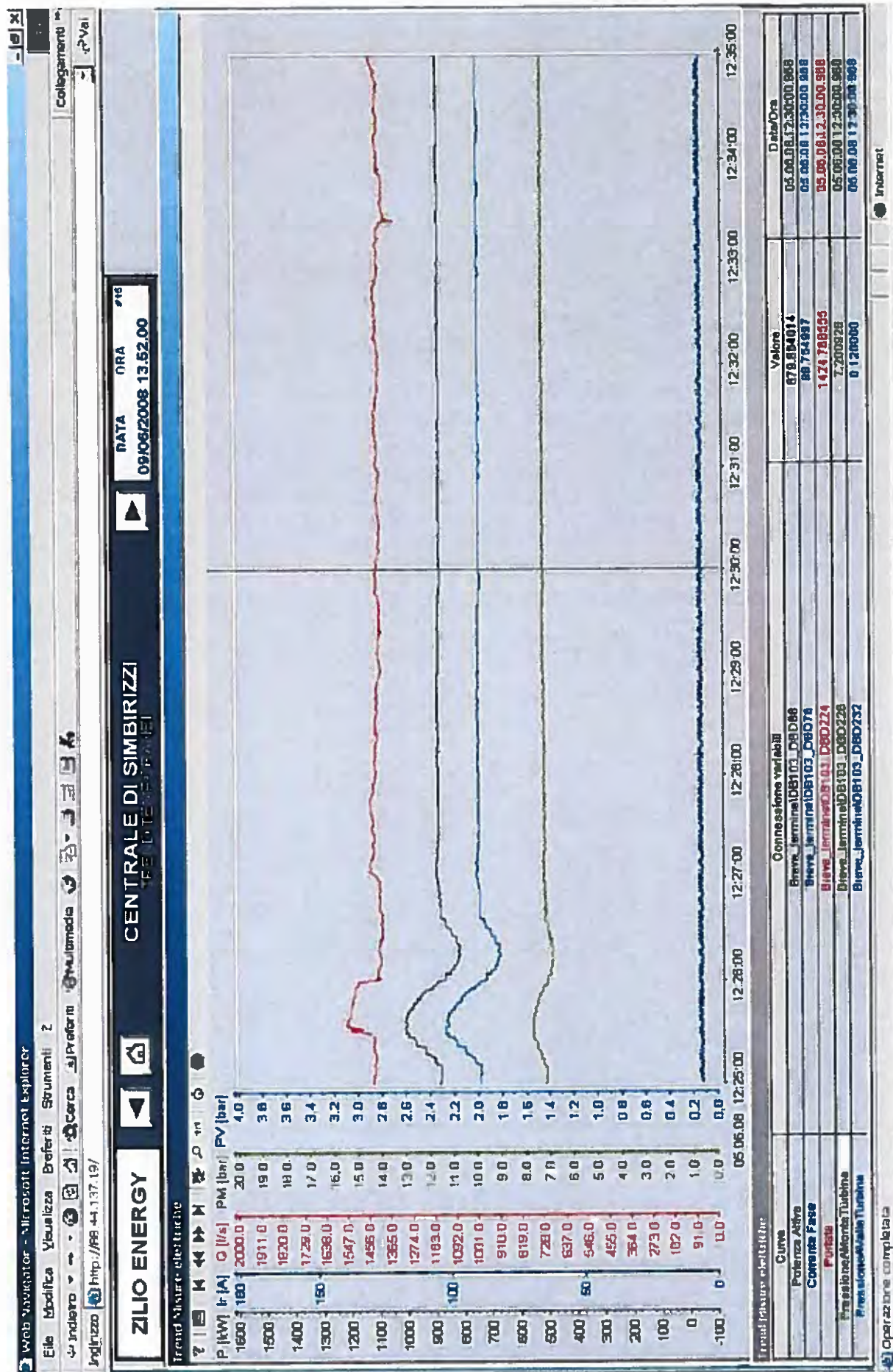


Fig. III-3 - Centrale di Simbirizzi - Misure rappresentative per il punto di prova a  $Q=1.4 \text{ m}^3/\text{s}$



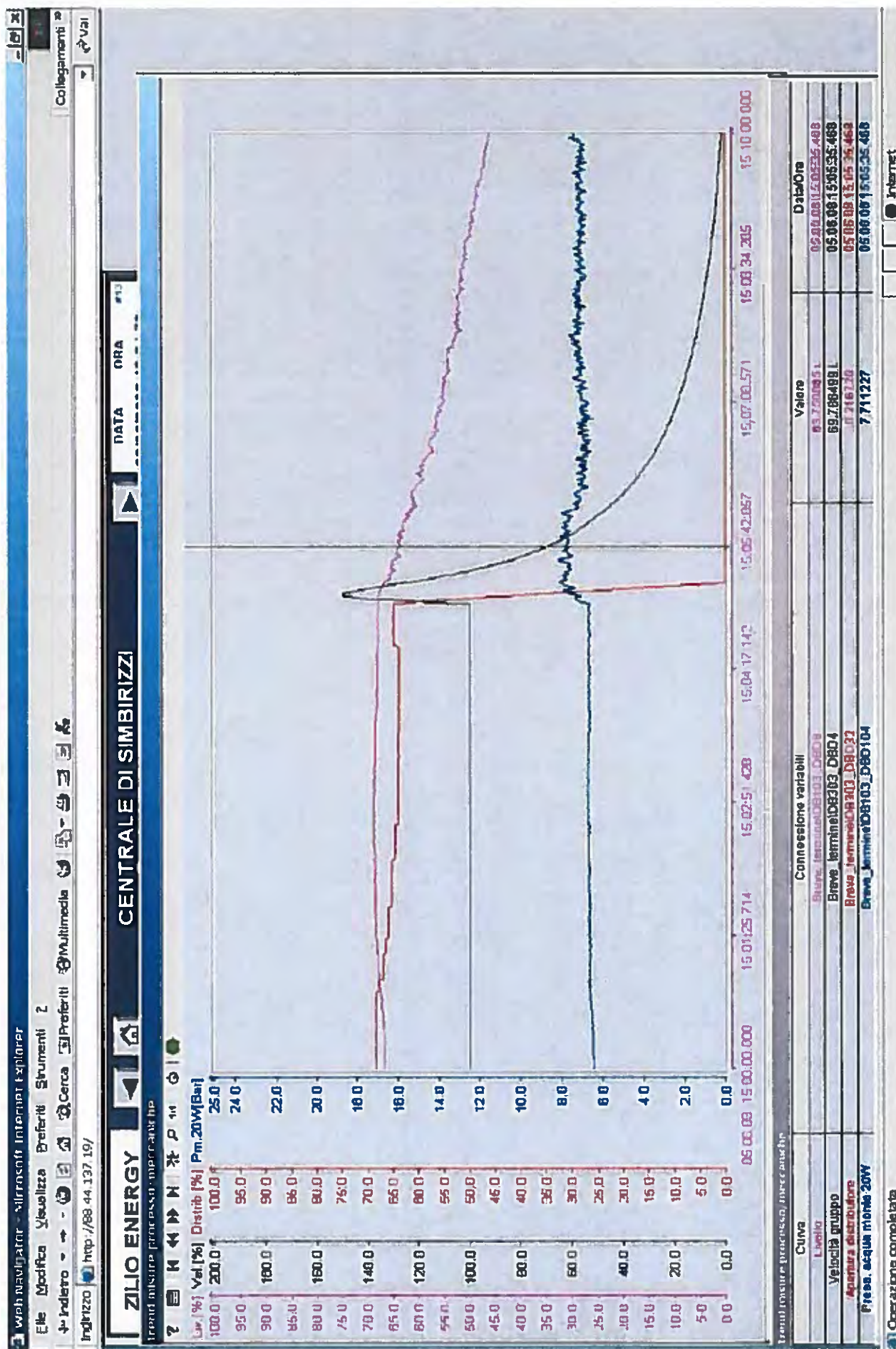


Fig. III-4 - Centrale di Simbirizzi - Stacco di carico a 1850 l/s





**Fig. III-5 - Centrale di Simbirizzi - Chiusura by-pass di centrale - Massima sovrappressione in condotta per chiusura del by-pass di centrale**

Lettura		Calcoli															
P	I	Q	p1	p2	V1	V2	E	(Esp/E) <sup>1/4</sup>	accettab	E	H	Ph	eta gen	eta turb	eta pond	P	Q
kW	A	m³/s	bar	bar	m/s	m/s	kJ/kg	-	-	kJ/kg	m	kW	%	%	%	kW	m³/s
611.037	57.06	0.649	11.77	-0.1	2.566	3.644	1172.604	1.0002	VERO	1172.60	119.65	760.43	94.10%	85.39%	19.64%	611.04	0.6485
611.037	57.06	0.649	11.77	-0.1	2.567	3.646	1172.601	1.0002	VERO	1172.60	119.65	760.78	94.10%	85.35%	19.63%	611.04	0.6488
611.037	57.06	0.649	11.79	-0.1	2.567	3.646	1174.601	0.9993	VERO	1174.60	119.86	762.08	94.10%	85.20%	19.60%	611.04	0.6488
611.037	57.18	0.649	11.79	-0.1	2.569	3.647	1174.597	0.9993	VERO	1174.60	119.85	762.43	94.11%	85.16%	19.59%	611.04	0.6491
611.037	57.18	0.647	11.79	-0.1	2.561	3.636	1174.618	0.9993	VERO	1174.62	119.86	760.10	94.11%	85.42%	19.65%	611.04	0.6471
611.037	57.18	0.647	11.79	-0.1	2.558	3.633	1174.624	0.9993	VERO	1174.62	119.86	759.39	94.11%	85.50%	19.66%	611.04	0.6465
611.037	57.18	0.647	11.8	-0.1	2.561	3.636	1175.618	0.9989	VERO	1175.62	119.96	760.74	94.11%	85.35%	19.63%	611.04	0.6471
611.037	57.36	0.647	11.79	-0.1	2.559	3.634	1174.621	0.9993	VERO	1174.62	119.86	759.74	94.12%	85.45%	19.65%	611.04	0.6488
611.037	57.36	0.647	11.79	-0.1	2.561	3.636	1174.618	0.9993	VERO	1174.62	119.86	760.10	94.12%	85.41%	19.64%	611.04	0.6471
611.037	57.30	0.647	11.78	-0.1	2.558	3.633	1173.624	0.9997	VERO	1173.62	119.76	758.75	94.12%	85.56%	19.68%	611.04	0.6465
medie										1174.21	119.82	760.45	94.11%	85.38%	19.64%	611.04	0.648

Tab. III-4 - Centrale di S. Lorenzo - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a  $Q=0.72 \text{ m}^3/\text{s}$

#### NOTA

Ai valori di portata è stato sottratto il valore della portata di fuga dal by-pass, pari a 30 l/s.

*[Handwritten signature]*

Lettura	Calcoli										P	Q							
	P	I	A	Q	p1	p2	V1	V2	E	(Esp/E) <sup>1/2</sup>			accettab	E	H	Ph	eta gen	eta turb	eta pond
	kW			m³/s	bar	bar	m/s	m/s	kJ/kg	-	-	kJ/kg	m	kW	%	%	%	kW	m³/s
780.129	73.44	73.44	73.44	0.802	11.41	-0.1	3.172	4.504	1134.837	1.004	VERO	1134.84	115.80	909.69	95.04%	90.23%	69.48%	780.13	0.8016
780.129	73.44	73.44	73.44	0.801	11.41	-0.1	3.171	4.503	1134.841	1.004	VERO	1134.84	115.80	909.35	95.04%	90.26%	69.50%	780.13	0.8013
780.129	73.44	73.44	73.44	0.801	11.4	-0.1	3.168	4.499	1133.848	1.005	VERO	1133.85	115.70	907.87	95.04%	90.41%	69.62%	780.13	0.8007
780.129	73.38	73.38	73.38	0.801	11.4	-0.1	3.170	4.501	1133.845	1.005	VERO	1133.84	115.70	908.21	95.04%	90.38%	69.59%	780.13	0.8010
780.129	73.38	73.38	73.38	0.802	11.4	-0.1	3.172	4.504	1133.837	1.005	VERO	1133.84	115.70	908.88	95.04%	90.31%	69.54%	780.13	0.8016
780.129	73.38	73.38	73.38	0.802	11.41	-0.1	3.172	4.504	1134.837	1.004	VERO	1134.84	115.80	909.69	95.04%	90.23%	69.48%	780.13	0.8016
780.129	73.32	73.32	73.32	0.803	11.42	-0.1	3.176	4.509	1135.825	1.004	VERO	1135.83	115.90	911.50	95.04%	90.06%	69.34%	780.13	0.8025
780.129	73.44	73.44	73.44	0.803	11.4	-0.1	3.177	4.511	1133.822	1.005	VERO	1133.82	115.69	910.23	95.04%	90.18%	69.44%	780.13	0.8028
780.129	73.44	73.44	73.44	0.803	11.4	-0.1	3.176	4.509	1133.825	1.005	VERO	1133.83	115.69	909.89	95.04%	90.21%	69.46%	780.13	0.8025
780.129	73.44	73.44	73.44	0.802	11.4	-0.1	3.173	4.506	1133.833	1.005	VERO	1133.83	115.70	909.22	95.04%	90.28%	69.51%	780.13	0.8019
804.724	75.70	75.70	75.70	0.812	11.58	-0.1	3.213	4.563	1151.703	0.997	VERO	1151.70	117.52	935.18	95.14%	90.44%	69.64%	804.72	0.8120
803.187	75.60	75.60	75.60	0.813	11.58	-0.1	3.217	4.568	1151.692	0.997	VERO	1151.69	117.52	936.21	95.14%	90.17%	69.43%	803.19	0.8129
803.187	75.66	75.66	75.66	0.814	11.57	-0.1	3.219	4.571	1150.684	0.998	VERO	1150.68	117.41	936.08	95.14%	90.18%	69.44%	803.19	0.8135
										medie		1138.26	116.15	915.54	95.07%	90.26%	69.50%	785.57	0.804

Tab. III-5 - Centrale di S. Lorenzo - Misure e calcoli di rendimento per il punto di prova a Q=0.84 m³/s

#### NOTA

Ai valori di portata è stato sottratto il valore della portata di fuga dal by-pass, pari a 30 l/s.

AC

SK



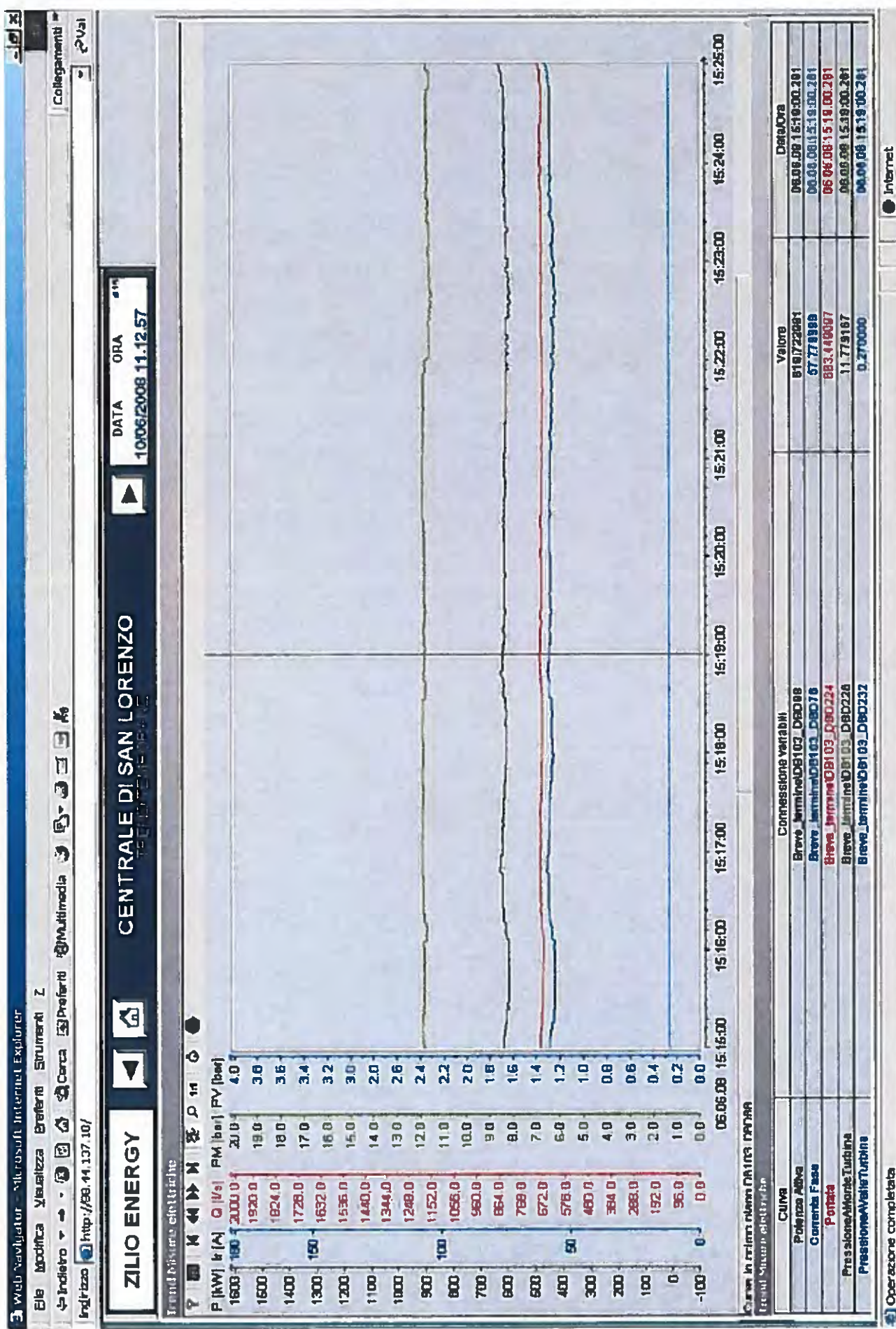


Fig. III-6 - Centrale di S. Lorenzo - Misure rappresentative per il punto di prova a  $Q=0.72 \text{ m}^3/\text{s}$



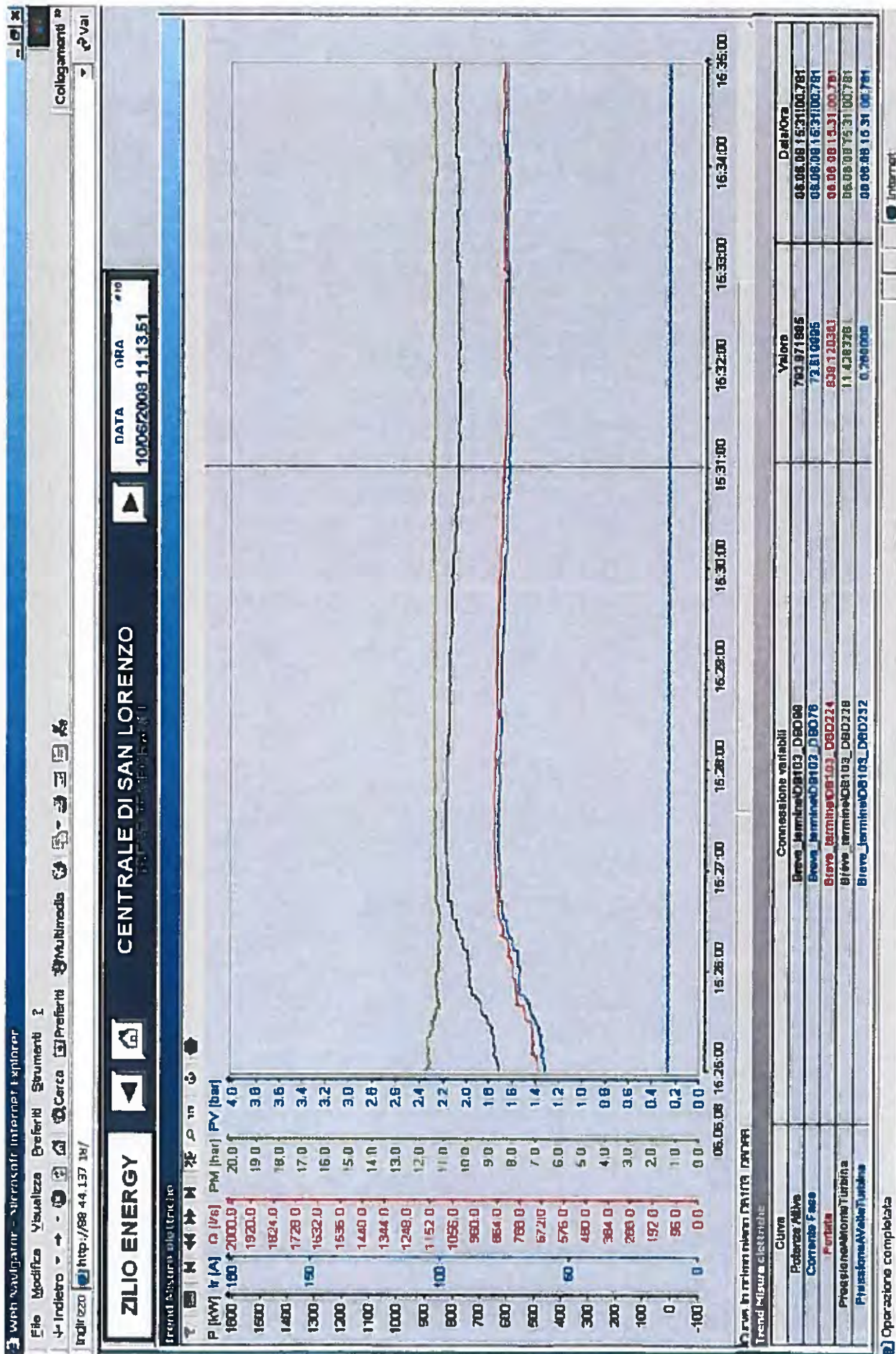


Fig. III-7 - Centrale di S. Lorenzo - Misure rappresentative per il punto di prova a  $Q=0.84 \text{ m}^3/\text{s}$



Foto III-1 - Centrale di S. Lorenzo - Misura della pressione a valle della girante (13/06/08, ore 07:40 circa)



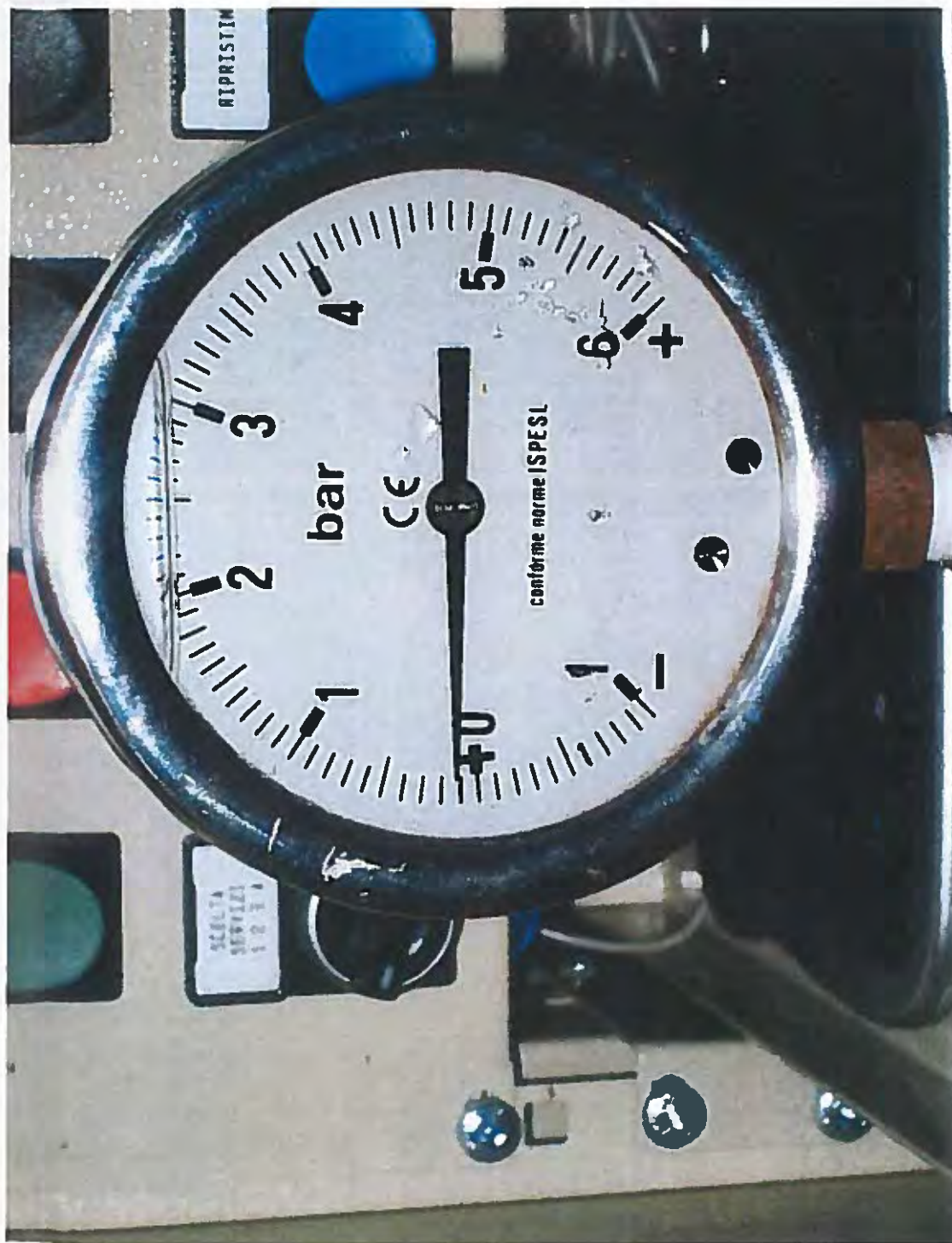


Foto III-2 - Centrale di S. Lorenzo - Misura della pressione atmosferica (13/06/08, ore 07:45 circa)



FLUXUS ADM 6725



ULTRASONIC FLOWMETER

CHANNEL A



SIGNAL



CHANNEL B



BATTERY



**ELECA S.p.A.**  
22063 Cantù (CO), Italy  
Sede legale e uffici: Via Como, 214/216  
Capitale Sociale C 6 000 000 int vers  
P. IVA 01656810130  
Cod. Fisc. e Iscr. al Registro imprese  
di Como 01656810130  
Iscr. al Repertorio economico amministrativo  
n° 207031 C.C.I.A.A. di Como  
Telefono +39 031 70 70 100  
Telefax +39 031 71 00 77

<http://www.eleca.it>  
E-mail: [eleca@eleca.it](mailto:eleca@eleca.it)

Uffici di rappresentanza Italia:  
Roma, Napoli

Uffici di rappresentanza estero:  
Casablanca, Cairo, Beirut, Sofia,  
Cuba, Baku



ente flumendosa1



Spett.le  
Ente Autonomo del Flumendosa  
Via Mameli n° 88  
09123 Cagliari

Alla c.a. Egr. Ing. Giorgio Sanna

e p.c. Spett.le  
Lombardi Reico S.A.  
Via R. Simen n° 19  
CH 6648 Minusio - Locarno

Alla c.a. Egr. Ing. Marco Braghini

Cantù, 23/06/2008

Ns. rif. RM/ca/4

Oggetto: PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DI DUE CENTRALI IDROELETTRICHE NELL'AMBITO DEL NUOVO ACQUEDOTTO CHE COLLEGA IL LAGO MULARGIA AGLI IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE DELL'AREA DI CAGLIARI - 1° STRALCIO - MINICENTRALI IDROELETTRICHE DI SAN LORENZO E SIMBIRIZZI - RISCONTRO VS. LETTERA 6511.1/MB DEL 23/06/2008.

Il sottoscritto MANZONI ROBERTO nato a Cantù il 13/05/1952 e residente a Cantù in Via Como 218, C.F. MNZRRT52E13B6390, in qualità di Legale Rappresentante della ELECA S.p.A. con sede in Via Como 214/216 - 22063 Cantù (Co) - C.F. e P.IVA 01656810130, telefono 031/7070100, telefax 031/710077

## DELEGA

il Sig. Andrea Caviezel, nato a Milano il 24/10/1967, in qualità di dipendente della scrivente società alla sottoscrizione dei seguenti documenti relativi ai lavori in oggetto:

- Verbali di prove di finizionamento e rendimento
- Verbali di presa in consegna anticipata dell'opera

nonché all'effettuazione di eventuali adempimenti consequenziali e correlati

Con osservanza.

ATTESTAZIONE N. 1446/11/00

Pag. n. 1



Cognome **MANZONI**  
 Nome **ROBERTO**  
 nato il **13-05-1952**  
 (atto n. **110** p. **1** s. **A** 1952 )  
 a **CANTU' (CO)**  
 Cittadinanza **Italiana**  
 Residenza **CANTU' (CO)**  
 Via **COMO 218**  
 Stato civile **=====**  
 Professione **INDUSTRIALE**  
 CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI  
 Statura **173**  
 Capelli **Brizzolati**  
 Occhi **Castani**  
 Segni particolari **NN.**

  
 Firma del titolare *Roberto Manzoni*  
**CANTU'** li. **03-03-2008**  
  
*Adriano Spina*  
 D'ORDINE DEL SINDACO  
 Funzione Amministrativa  